VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

КЛАССИКИ НАУКИ



В. Р. ВИЛЬЯМС

# ИЗБРАННЫЕ СОЧИНЕНИЯ

РЕДАКЦИЯ
ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО ЧЛЕНА-АКАДЕМИКА
ВСЕСОЮЗНОЙ АКАДЕМИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК ИМЕНИ В.И.ЛЕНИНА
ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА АКАДЕМИИ НАУК СССР
В. П. БУШИНСКОГО

## ТОМ III

## *НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЛУГОВОДСТВА (1922–1933)*



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
1955

Серия «Классики науки»
основана академиком *С. И. Вавиловым*

Редакционная коллегия: академик *И. Г. Петровский* (председатель), академик *К. М. Быков*, академик *Б. А. Казанский*, академик *А. И. Опарин*, академик *О. Ю. Шмидт*, академик *Д. И. Щербаков*, академик *П. Ф. Юдин*, член-корреспондент АН СССР *Н. Н. Андреев*, член-корреспондент АН СССР *Х. С. Коштоянц*, член-корреспондент АН СССР *А. М. Самарин*, член-корреспондент АН СССР *А. А. Максимов*, доктор географических наук *Д. М. Лебедев*, доктор химических наук *Н. А. Фигуровский*, кандидат философских наук *И. В. Кузнецов*, кандидат исторических наук *Д. В. Огнобишин* (ученый секретарь).


ИЗБРАННЫЕ СОЧИНЕНИЯ
* В. Р. ВИЛЬЯМС *

# ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЛУГОВОДСТВА ИЛИ ЛУГОВЕДЕНИЕ



ПРИЛОЖЕНИЕ ОСНОВ ПОЧВОВЕДЕНИЯ
К КУЛЬТУРЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ
И ЕСТЕСТВЕННОЙ КОРМОВОЙ ПЛОЩАДИ



ВАСИЛИЙ РОБЕРТОВИЧ ВИЛЬЯМС
*1935 год*



# ПРЕДИСЛОВИЕ[1]

Четверть века тому назад Совет Московского Сельскохозяйственного института по моему представлению поручил мне изложение курса луговодства в размере двух часов в неделю в течение одного полугодия для студентов сельскохозяйственного отделения.

В течение первых годов изложения курса мне приходилось пользоваться шаблонами западноевропейских курсов, равно как довольно обширной отечественной литературой. Подобно тому, как это было принято ранее, центр тяжести моего курса лежал в изучении хозяйственных свойств луговой растительности и в попытках обосновать практические приемы луговодства на тех требованиях, которые предъявляют луговые растения к факторам своей жизни. Флора луга характеризовалась и изучалась с тех же точек зрения, с которых изучаются и характеризуются культурные сельскохозяйственные растения в курсах общего и частного земледелия.

Но уже опыт первых годов показал, что если принятая точка зрения на луговую растительность и дает некоторые основания для подведения научного фундамента под ряд мероприятий, связанных с созданием искусственных лугов, то она совершенно неприложима к обоснованиям приемов ухода не только за природными, но даже и за искусственными лугами, и процессы, совершающиеся в почве под покровом луговой растительности, оставались совершенно непонятными при изучении луговой растительности с усвоенной точки зрения. Совершенно не

находили себе логического объяснения процессы, связанные с возрастом луга̀, и обширное разнообразие природных лугов упорно отказывалось укладываться в рамки хозяйственной классификации. Причины высоких качеств природных заливных лугов оставались загадкой, и при попытках объяснения свойств этой природной группы луговых угодий приходилось ограничиваться общими местами.

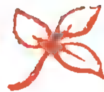
Все эти затруднения заставили существенным образом изменить принятую ранее и прочно установившуюся в западноевропейской литературе точку зрения на луговую растительность и взять за основу луговодства не изучение отдельных представителей луговой флоры, а исследование лугов, как особой группы природных образований, во всей совокупности их свойств и отношений к тем природным явлениям, которые определяют существование на них природных комплексов живых растительных организмов — природных луговых растительных сообществ.

Положив в основу такого изучения приемы естественнонаучного исследования — исследования истории развития, генезиса изучаемого явления, мы неизбежно приходим к познанию хода эволюции всякого свойства и всякого признака изучаемого явления, как динамического процесса, связанного в порядке причинной зависимости с основными свойствами слагающих его элементов, и путем элементарно простых логических выводов мы получаем полное и всестороннее научное обоснование всякого практического мероприятия и приема в изучаемой отрасли практического знания.

Настоящая книга является попыткой изложения тех выводов, к которым привело такое изучение лугов, как природных растительных сообществ, и вместе с тем попыткой подвести научное основание под приемы и мероприятия практического луговодства и, по мере возможности, обосновать научную классификацию природных луговых угодий.

*В. Р. Вильямс*

Качалкино,
3 августа 1919 года.



# ВВЕДЕНИЕ

*Роль органического вещества в жизни человека. Элементы зольной пищи растений. Геологический и биологический круговорот веществ на земном шаре. Темп круговоротов. Совпадение скоростей круговорота воды и круговорота элементов зольного питания растений на части их пути. Плодородие почвы. Избирательная поглотительная способность почвы. Развитие этой способности. Основное свойство биологически важных элементов. Две первичные группы организмов. Группы зеленых растений и их общие биологические свойства. Группы бесхлорофильных растений и их общие биологические свойства. Три основные растительные формации. Растительные сообщества. Биологический круговорот веществ. Основные свойства природных процессов разрушения органического вещества. Круговорот биологически важных элементов под влиянием деревянистой растительной формации. То же под влиянием степной растительной формации. То же под влиянием луговой растительной формации. Формы осуществления процесса равномерного распределения по земной поверхности биологически важных элементов. Растения автотрофного и симбиотрофного типа питания и процессы усвоения ими азота и элементов воды. Сложность группового состава растительных сообществ. Влияние формы содержания зольных элементов в почве на состав растительных сообществ. Пластичность растительных сообществ. Эволюция природных растительных сообществ. Ледниковые отложения Европейской России как питательный субстрат для развития ее растительного покрова. Характер изменения климата после ледниковой эпохи. Послеледниковый рельеф. Послеледниковая тундра. Начало расчленения рельефа. Таежная эпоха. Отчленение потока почвенной воды от грунтовой воды и последствия этого явления. Причины смены господства растительных формаций. Изменения почвы под пологом леса. Групповой состав лесных сообществ. Свойства растений луговой растительной формации. Побегопроизводительная способность. Прогрессивное обогащение лесной почвы и изменение ее свойств. Эволюция деревянистого*

*растительного покрова страны в луговой травянистый. Изменение свойств почвы под влиянием сообществ луговой травянистой растительной формации. Эволюция лесо-лугового растительного покрова страны в болотный. Смены растительных сообществ во время господства болотной эпохи. Причина этих смен. Причины появления мхов. Особенности питания мхов. Питательный режим мохового болота. Регрессивное развитие мохового болота. Биологические свойства сфагнума. Питательный режим сфагнового болота. Смена растительных сообществ сфагнового болота. Предел развития сфагнового болота. Изменения свойств страны под влиянием конца развития ее болотного покрова. Эпоха денудационной деятельности воды. Завоевание новых элементов рельефа растительностью. Изменение свойств болотных почв. Постепенное накопление свойств чернозема. Изменение условий климата. Дальнейшая эволюция чернозема в почвы полупустыни. Регрессивное развитие рельефа. Нормальный переход структурных почв в бесструктурные степные почвы. Влияние рельефа на распределение по территории воды, элементов зольной пищи растений и связанного азота. Распределение по элементам рельефа представителей трех растительных формаций. Связь между эволюцией форм рельефа и однородностью растительного и почвенного покрова страны. Роль животного мира в круговороте веществ в природе. Луга как хранители природного богатства почв страны*

* * *

Все многосторонние проявления деятельности человечества в их бесконечном разнообразии и во всей сложности проявления духовной и физической мощи как отдельных народностей, так и всего совокупного населения земного шара имеют одно общее основание, на которое должны непосредственно опираться все без исключения члены колоссальной семьи всемирного человечества вне всякой зависимости от объема и значения роли, исполняемой каждым отдельным индивидуумом — человеком. Этим основанием является процесс разрушения органического вещества — процесс, при осуществлении которого сложные молекулы органического вещества, распадаясь на более простые соединения, освобождают ту потенциальную энергию, которая соединяла в один комплекс более простые компоненты органического вещества, и эта, дремавшая до того момента энергия, освобожденная в организме человека, обращается в деятельное

состояние кинетической энергии, одинаково необходимой для проявления каждого малейшего признака жизни без всякого отношения к смыслу и значению проявляемого.

В этой неизбежной беспрерывности разрушения органического вещества и кроется первенствующая роль земледелия, которое также неизбежно стоит на страже интересов всего человечества, ни на минуту не ослабляя своей производительности, долженствующей следить за численным нарастанием народонаселения земли.

Продукты земледельческого промысла не могут, по самому существу своего значения, подвергаться процессу продолжительного накопления — они обречены на разрушение, которое большей частью протекает в течение одного годичного периода, в промежуток времени от урожая до следующего урожая, и лишь небольшая часть этих продуктов сохраняется в течение более долгого срока в качестве основного запасного фонда, который также периодически обновляется обыкновенно в течение такого же годичного периода, так как продукты земледелия — органические вещества, большей частью в форме живой органической ткани,— не могут длительно сохранять своих свойств в неизмененном состоянии.

В состав органического вещества, ежегодно создаваемого земледелием и ежегодно же разрушаемого человечеством, входит ряд химических элементов, часть которых черпается из атмосферы и при разрушении органического вещества возвращается в первоисточник своего происхождения — в ту же атмосферу; другая часть составных элементов органического вещества черпается земледелием из почвы; это — *зольные элементы пищи растений и отчасти азот.* По существу значение всех без исключения элементов, из которых земледелие создает свои продукты, совершенно равноценно; между ними нет более или менее важных; они все безусловно необходимы для построения органического вещества, так же как безусловно необходимо для той же цели и одновременное присутствие в месте создания

органического вещества и воды, света и тепла. Но реальная ценность и практическое значение двух групп химических элементов пищи растений — происходящих из атмосферы и зольных элементов и минеральных соединений азота, происходящих из почвы,— очень различны.

Все элементы, входящие в состав органического вещества, находятся на земной поверхности в состоянии беспрерывного круговорота, и само органическое вещество представляет лишь одну из мимолетных стадий — один из статических моментов, слагающих в своей непрерывной последовательности цикл грандиозного динамического процесса — *круговорота веществ на земной поверхности*.

Общий грандиозный по масштабу своего осуществления комплекс явлений круговорота веществ на земной поверхности довольно отчетливо расчленяется на два порядка, слагающиеся каждый из ряда процессов, охватывающих одновременно круговорот каждого элемента земной коры.

Как всюду при изучении природы, так и в настоящем случае не представляется возможным провести резкой черты, составляющей границу между двумя порядками процессов, слагающих явление всеобщего круговорота веществ в природе, и обе группы переплетаются между собою в сложных комбинациях взаимного влияния; но все-таки в типичных случаях своего проявления оба порядка процессов охватывают каждый принципиально различные группы взаимоотношений между земными и космическими агентами земной поверхности [2].

Мы имеем здесь в виду проявление двух типов круговорота веществ — *геологического*, разумея под этими словом преобладание в процессе, совершающемся под господствующим влиянием тепловой лучистой энергии, абиотических материальных элементов природы, и *биологического*, противопоставляемого первому вследствие преимущественного преобладания в нем биологических элементов природы, вызываемых к жизни господствующим влиянием световой лучистой энергии.

До известной степени признак участия биологических явлений в процессе круговорота элементов земной коры совпадает с некоторыми свойствами самих элементов, и прежде всего с величиной их количественного распространения в поверхностных слоях земного шара.

Преобладающее большинство элементов, принимающих участие в биологическом круговороте веществ, принадлежит к таким, распространение которых на поверхности земли отличается большой скудостью, все количественное содержание которых в атмосфере, гидросфере и в доступной исследованию части литосферы ограничивается ничтожной частью общего веса земной коры и измеряется часто долями процента этого веса. К числу таких элементов принадлежит прежде всего основа всей органической жизни — углерод; к таким же элементам принадлежат фосфор, сера и азот.

В противоположность этим элементам те, которые принимают преобладающее участие в геологическом круговороте веществ на земном шаре, представлены в подавляющих по своему количественному распространению массах. К таким элементам принадлежат кислород, составляющий главную по весу массу воды, почти половину веса всей литосферы и около одной четвертой части веса атмосферы, и кремний, входящий в состав земной коры в количестве, превышающем одну четвертую часть ее веса.

Кроме этого свойства, большое влияние на характер процессов круговорота веществ на земной поверхности оказывают и качества тех соединений элементов, в виде каковых осуществляется самый процесс их циклического движения,— соединений, представляющих конечные продукты этого круговорота, с которых вновь начинается весь цикл процесса; если эти соединения представляют газообразные или жидкие тела, то, вследствие их большой подвижности и способности распространяться в среде, и период обращения элементов, образующих такие соединения, всегда оказывается короче. Это свойство

в равной мере касается как элементов, принимающих преимущественно участие в геологическом круговороте, так и тех, которые преимущественно участвуют в биологическом круговороте.

К числу элементов, обладающих быстрым периодом обращения, принадлежит, например, углерод, конечный, устойчивый при термодинамических условиях своего образования, продукт круговорота которого—угольная кислота быстро распределяется вновь в виде равномерного рассеяния в атмосфере, чтобы вновь принять участие в том же процессе,конечным продуктом которого она только что была. К числу столь же быстро обращающихся, но уже сложных элементов, принимающих преимущественное участие в геологическом круговороте, в противоположность углероду, принимающему преобладающее участие в биологическом круговороте, принадлежит вода, которая как в форме пара, так и в виде жидкости обладает не менее ярко выраженной способностью к равномерному распределению по всей среде, в которой осуществляется ее круговорот.

Наоборот, те слагающие земную кору простые или сложные элементы, которые способны давать лишь малоподвижные твердые соединения, трудно растворимые в воде при обычных условиях поверхности земли, отличаются и медленностью темпа своего круговорота, и цикл обращения, например, кремния, начиная с массивной горной породы через продукты ее выветривания и кончая образованием новой массивной горной породы под давлением отлагающихся на дне океанов новых наслоений, требует уже геологических эпох для своего осуществления.

В зависимости от того же разнообразия величины выражения подвижности соединений различных элементов в связи со свойствами той среды, в которой происходит их передвижение, и в зависимости от обусловленной соотношениями этих свойств различно выраженной способности к равномерному рассеянию по массе среды находится и неравномерность скорости движения всякого элемента на различных этапах своего круговорота. Эта различная скорость движения элементов по различным участ-

кам своей траектории с чрезвычайной яркостью выступает на пути тех элементов, которые принимают участие в биологическом круговороте веществ в качестве элементов зольного и азотного питания растений и животных, и особенно резко выражена у тех из них, которые содержатся в массе земной коры в минимальных количествах — у азота, серы и особенно у фосфора.

Пока фосфор и сера входят в состав массивной горной породы, они прочно связаны с нею или конституционной связью, входя в состав петрографических элементов горной породы, или же они облечены плотной каменной оболочкой подобно фосфору, входящему в состав массивных горных пород в виде микролитов фосфорнокальциевой соли, заключенных в соответствующие полости среди главных петрографических элементов горной породы. В таком состоянии они пребывают в практически полной неподвижности; они защищены от передвижения массивностью горной породы.

Но под влиянием термических агентов выветривания горная порода утрачивает свое основное свойство — свою массивность, и тотчас элементы золы растений, под влиянием химических агентов [3] выветривания горных пород, принимают формы легко растворимых в воде солей; также и фосфорноизвестковая соль, лишенная своего каменного покрова, немедленно растворяется в воде, содержащей в растворе угольную кислоту; а так как вода является безусловно необходимым агентом всех типов выветривания горных пород под влиянием химических факторов, то новообразовавшиеся соединения элементов зольного питания растений немедленно в ней растворяются, пропитывая своими растворами вновь образовавшуюся рухляковую горную породу.

С этого момента все без исключения элементы зольного питания растений, переходя в формы, легко растворимые в воде, заключающей в растворе углекислоту, должны принять одновременное и совместное участие в круговороте воды на земной поверхности и подчиниться и количественному выражению быстроты этого процесса.

Вода, испарившаяся с поверхности своего главного вместилища — океана, выпадает на покрытую корой выветривания поверхность суши, на рухляковую породу и, пробираясь по промежуткам толщ этой породы, стекает по ним в наиболее пониженные элементы рельефа суши, питает своим беспрерывным током ручьи и реки и по руслу последних вновь достигает своего первоисточника — океана. На той части своего пути, на которой вода движется по толще рухляковой коры выветривания, она растворяет все то, что может в ней раствориться, и так как вода в природе всегда содержит в растворе угольную кислоту, а при этом условии в ней растворимы все без исключения природные соединения, в которых элементы зольного питания растений доступны последним, так как именно эта растворимость и является условием доступности зольных элементов корням растений, то все эти биологически важные элементы растворяются в воде, движущейся по рухляковой породе, и вместе с ней должны неминуемо попасть в глубины океана. Доведя все растворенное ею до бассейна океана, вода покидает все эти соли, чтобы, вновь испарившись с поверхности океана, снова совершить свой бесконечный круговой путь и опять принести к своей исходной точке новое количество элементов зольной пищи растений.

Растворенные в воде океана элементы зольного питания растений после ряда процессов, в которых они принимают неизбежное участие, падают на дно в форме нерастворимых в воде соединений и принимают участие в образовании отлагающихся на дне морском осадков, из которых в дальнейшем дифференцируются новые массивные осадочные горные породы.

Протекают геологические эпохи, пока эти вновь образовавшиеся массивные горные породы появятся на поверхности суши, чтобы вновь подвергнуться выветриванию и чтобы дать возможность элементам зольного питания растений вновь начать свой круговой путь с той исходной точки, с которой мы начали за ними следить.

Совершенно ясно, что хотя бы длительность пути по толще

рухляковой коры выветривания земной суши интересующих нас элементов зольной пищи растений измерялась десятилетиями и даже столетиями, все же она бесконечно мала по сравнению с геологической медленностью второй части пути тех же элементов и в результате резкого несоответствия скоростей этих двух процессов неминуемо должно произойти нарушение равномерности количественного распределения по поверхности земного шара всех элементов зольного питания растений. Эти элементы будут выказывать ясно выраженное стремление скопляться на всем протяжении той части своего пути, на которой их движение претерпевает замедление, и, наоборот, количество их на другой части пути, которую они пробегают с бесконечно большей быстротой по сравнению с первой, будет представлено в виде чрезвычайно изреженного их рассеяния.

Очевидно также, что в особенно сильной степени выражения эта разница в количественном распределении на разных этапах их пути должна коснуться тех элементов зольного питания растений, количественное распределение которых в массе земной коры вообще не велико, и поэтому в наиболее резкой форме это явление касается фосфора, а в наименьшей степени выражения мы его встречаем по отношению к таким элементам, как железо, известь и т. п.

Ясно также, что элементы, не играющие роли в зольном питании растений и не долженствующие поэтому обладать необходимым для первых [зольных элементов] признаком — растворимостью в воде с углекислотой тех соединений, в форме которых они освобождаются при выветривании массивных горных пород,—не будут выказывать той резкой разницы в быстроте своего движения по различным участкам их пути, и поэтому в распределении этих элементов второй группы [не играющих роли в питании растений] по поверхности земного шара не будет выражена и характерная для первых неравномерность.

Сопоставляя все вышесказанное, мы должны притти к неизбежному выводу, что в результате исключительного воздействия

на массивные горные породы процессов выветривания должна получиться рухляковая кора выветривания, состоящая преимущественно из элементов, *не играющих роли в питании растений зольными элементами последних*. Если же примем во внимание, что процессы выветривания в большинстве случаев представляют явления, весьма медленно протекающие, то станет понятным, что через рухляковую кору выветривания, представляющую одновременно материнскую породу для покрывающих поверхность суши почв, беспрерывно протекает широкой струей вода, содержащая в растворе лишь в самых минимальных количествах соединения элементов зольного питания растений, и что эти соединения беспрерывно стремятся в одном направлении — к бассейну океанов.

В отличие от горных пород, как массивных, так и рухляковых, другой порядок природных образований — *почва*, составляющая преобладающий внешний покров суши земного шара, обладает ярко выраженным существенным признаком — способностью производить урожаи растений — почва отличается от горных пород своим *плодородием*. Если мы подвергнем понятие о плодородии почвы логическому анализу, то придем к таким результатам.

Для своего произрастания растения нуждаются в одновременной и совместной наличности в определенных количественных соотношениях ряда космических и земных агентов [факторов]. Растению необходимы свет, тепло, вода и питательные вещества. Из этих агентов свет и тепло притекают к растению непосредственно — помимо почвы; вода хотя и усваивается растением через посредство почвы, но присутствие воды в почве представляет простой результат круговорота воды в природе, и толща почвенных горизонтов представляет лишь ничтожную часть протяжения пути воды, на которой последняя всегда присутствует в количественной зависимости от быстроты темпа круговорота ее, и величина запаса воды в почве зависит в значительной степени от свойств самой почвы и от равномерности притока воды из

атмосферы. В своих отношениях к воде почва лишь в деталях отличается от рухляковой материнской породы.

Отношения почвы к питательным веществам растений резко распадаются на две группы. В первую группу отойдут отношения к тем питательным веществам, которые усваиваются растением помимо почвы, или если и через посредство почвы, то эти вещества входят в состав воды; к ним принадлежат угольная кислота, кислород, водород, и к этой же группе может быть причислен дыхательный кислород; наконец, к ней же относится тот азот, который усвояется некоторыми группами растений в форме свободного атмосферного азота; в отношениях ко всем этим веществам почва не играет никакой роли по тем же причинам, какие мы видели в ее отношениях к свету, теплу и воде.

Но очевидно, что ко всем остальным элементам питания растений, к зольным элементам и к азоту, усвояемому растениями в форме минеральных соединений связанного азота, отношения почвы должны быть диаметрально противоположны отношениям к ним рухляковых материнских пород; почва должна отличаться способностью задерживать эти элементы в своей массе, она должна обладать *поглотительной способностью* по отношению к зольным элементам пищи растений и к связанному азоту, и эта *избирательная* поглотительная способность и представляет существенный признак почвы, отличающий ее от всех других аналогичных рухляковых наземных образований; и только при посредстве этой способности может воплотиться в реальные формы существенное свойство почвы — ее плодородие.

Количественное выражение существенного признака почвы, отличающего ее от рухляковой материнской породы — ее *избирательная* поглотительная способность по отношению к тем именно элементам, которые представляют зольную и азотную пищу растений, развивается в ней постепенно, по мере образования рухляковой коры выветривания, и при этом развивается исключительно в поверхностных горизонтах последней, доступных воздействию растений.

Развитие этого свойства осуществляется под влиянием воздействия на рухляковую породу растений — путем установления в минеральной среде, в которой развиваются последние, нового малого круговорота веществ, в котором принимают участие лишь элементы зольного и азотного питания растений. Это круговорот *биологический*, в котором главная роль принадлежит тем растительным организмам, которые обитают на поверхности рухлякового покрова земной суши и в верхних горизонтах его массы.

Смысл этого малого — биологического — круговорота элементов зольного и азотного питания растений заключается в том, что на участке наиболее быстрого следования этих элементов по пути большого геологического круговорота веществ создается препятствие быстроте их движения путем перевода этих элементов в формы органического вещества, нерастворимого в воде, насыщенной, при существующих термодинамических условиях, угольной кислотой, и таким образом биологически важные элементы почвы лишаются своего основного свойства, определяющего собою их большую подвижность на этом участке большого круговорота веществ.

Очевидно, что если бы создаваемое на пути большого круговорота веществ препятствие быстроте их движения было способно привести к полной остановке этого движения, то неминуемо произошло бы скопление остановившихся в своем движении веществ на месте их остановки, а так как из интересующих нас элементов некоторые составляют лишь ничтожную долю веса всей земной коры (например, сера и фосфор составляют каждый только 0,1% веса литосферы, гидросферы и атмосферы, вместе взятых, и даже углерод составляет лишь 0,4% того же веса и всего лишь 0,01% веса атмосферы, и азот составляет также 0,04% веса всей земной коры), то понятно, что весьма скоро все количество углерода, серы, фосфора и азота на земном шаре оказалось бы сосредоточенным в почве, и всякое проявление жизни в области гидросферы должно было бы прекратиться. Мало того,

и поверхностный растительный покров почвы должен был бы приобрести резко выраженное преобладание сапрофитного характера, ибо углерод и азот были бы связаны в состоянии твердого органического вещества, равно как сера и фосфор перешли бы в формы соединений, не растворимых в воде, и, следовательно, не усвояемых растительными организмами автотрофного типа питания.

Но этих явлений в широком масштабе не происходит, и поэтому ясно, что малый биологический круговорот элементов зольного и азотного питания растений должен войти лишь в качестве интегрирующей части в большой круговорот тех же элементов, лишь замедляя стремительность движения их по толще рухлякового покрова выветривания и позволяя этим элементам лишь частично и временно скопляться в почве в количествах, достаточных для разнообразного проявления жизни, равномерно как на поверхности суши, так и в области морей и океанов.

Благодаря поглотительной способности почвы должно установиться гармоническое равновесие проявления жизни на всей поверхности земного шара.

Гармоническая равномерность распределения жизни на всей поверхности земного шара осуществляется в особенно ясном выражении в областях, не затронутых еще современною культурою человека, где природные биологические элементы суши и воды развиваются исключительно под влиянием сочетания природных выражений воздействия внешней среды на живые элементы природы.

Изучение таких областей показывает, что основное свойство почвы — ее избирательная поглотительная способность по отношению к элементам зольного и азотного питания растений — развивается и прогрессирует в своем выражении под влиянием комплексов растительных организмов, покрывающих территорию страны, в строго определенной закономерной зависимости как от распределения этих комплексов по поверхности страны, так и от

не менее строгой закономерности смены одних групп растительных организмов другими.

Грандиозный динамический процесс эволюции растительного покрова страны, протекающий под перекрестным одновременным и совместным влиянием двух порядков закономерностей — распределения и смены природных групп растительных организмов,— приводит к не менее грандиозному по масштабу своего распространения, измеряемому поверхностью всей суши земного шара, динамическому процессу развития почвенного покрова страны как в выражении распределения его свойств по территории страны, так и в динамике эволюции типов этого покрова один в другой в строго определенной последовательности, определяемой в основных чертах своего наличного выражения возрастом почвенного покрова и возрастом покрывающих его групп растительных организмов в смысле стадии эволюции состава этих групп.

Закономерность распределения комплексов растительных организмов по поверхности суши и закономерность процесса эволюции одних групп их в другие определяются основными свойствами биологически важных элементов, слагающих обе среды, в которых развиваются эти организмы.

В особенно резкой степени присущее элементам углеродного, зольного и азотного питания растений свойство *ограниченности их количества* в тех средах, в которых развиваются растения, определяет собою неизбежность существования двух первичных групп, на которые распадается весь растительный мир. Достаточно указать на то, что углерод, усвояемый растениями из атмосферы, представляет всего лишь 0,01 % ее по весу, что азот входит в состав земной коры в количестве 0,04 % ее по весу, считая весь азот, входящий в состав атмосферы, гидросферы и литосферы, и что из зольных веществ два элемента, без которых немыслимо существование основы всякой жизни—белка, фосфор и сера представляют каждый лишь по 0,1 % веса земной коры, чтобы до очевидности ясна стала необходимость существования

для поддержания проявления жизни на земном шаре двух противоположных по своему значению порядков организмов, двух первичных групп их — одной, созидающей органическое вещество, и другой, разрушающей созданное первой группой органическое вещество.

Первая группа организмов составляется исключительно из *зеленых растений*. Во второй группе мы встречаем, на первый взгляд, важный элемент — животные организмы, но роль животных в деле разрушения органического вещества очень ограничена. Мы здесь имеем в виду разрушение органического вещества, сопровождающееся минерализацией всех слагавших его элементов, и в этом отношении животный мир обращает вновь в состояние минеральных соединений лишь часть углерода, связанного зелеными растениями, выдыхая его в форме угольной кислоты. Другая часть углерода, весь азот и бо́льшая часть зольных составных элементов растительного вещества или обращаются животным организмом в органическое вещество тела животного, или выделяются им в форме органических же веществ, и главная роль в деле минерализации всех элементов органического вещества принадлежит второй первичной группе растений — *бесхлорофильным растительным организмам*.

Таким образом, основное свойство одной группы земных факторов жизни растений определяет собою необходимость существования двух основных первичных групп растительных организмов — растений хлорофиллоносных и растений бесхлорофильных.

В свою очередь, каждая из первичных групп растительных организмов может быть подразделена на более мелкие второстепенные группы, и в основу этого деления может быть положено также отношение их к элементарным свойствам обитаемых ими сред, или, другими словами, к различию количественных соотношений элементов, слагающих среду, обитаемую каждой группой.

Первая группа зеленых растительных организмов ясно распадается на три подгруппы, преобладание которых на территории данной области определяется преимущественно характером распределения во времени по среде, обитаемой ими, другого земного агента жизни растений — воды.

В тех случаях, когда на территории какой-либо области вода в почве, обитаемой флорой области, присутствует в количестве, достаточном для удовлетворения потребностей в ней растений в течение круглого года, или когда природный перерыв водоснабжения растений определяется переходом воды в твердое состояние под влиянием низкой температуры, определяющей одновременно и наступление зимнего покоя растений, территория такой области покрывается преобладающим образом *многолетними деревянистыми растениями.*

Если, кроме зимнего перерыва в водоснабжении, имеется еще один природный перерыв в течение вегетативного [вегетационного] периода, то деревянистая растительность не может существовать на такой территории в форме сколько-нибудь преобладающего сомкнутого покрова и уступает свое место покрову *травянистой растительности.*

В этом случае существования второго — летнего — перерыва водоснабжения недостаток воды может коснуться только более глубоких слоев почвы, в которых преимущественно распространяются корни деревянистых растений, но выпадающие в течение того же периода дожди могут поддерживать влажность поверхностных горизонтов почвы на достаточной высоте, чтобы обеспечить существование травянистых растений, корни которых сосредоточены преимущественно в этих верхних горизонтах. В таком случае территория страны покрывается преобладающим образом *многолетней травянистой луговой растительностью,* которая произрастает, образуя густой травяной покров, затеняющий в большей или меньшей степени всю поверхность почвы, и образует переплетением своих подземных побегов и [корней], сохраняющих жизнеспособность в течение целого

годичного промежутка времени, слой *дерна* в поверхностном горизонте почвы; по этому признаку эта растительность может быть названа *дерновою*.

В том же случае, когда летний перерыв водоснабжения растений достигает такой степени выражения, что редкие летние дожди, выпадающие в таких областях преимущественно в форме быстро стекающих с поверхности почвы ливней, не в состоянии обеспечить существования травянистой флоры, развивающейся в течение всего вегетативного периода, поверхность почвы этих областей покрывается ковром растений или однолетних, кончающих весь цикл своего развития, начиная с прорастания из семени и кончая созреванием семян, до наступления летнего периода засухи, или растений хотя и многолетних, но также быстро заканчивающих цикл своего развития до наступления летнего периода засухи и пребывающих все остальное время года под поверхностью почвы в виде спящих органов бесполого размножения — луковиц, клубней, корневищ или иного рода побегов. В этом случае поверхность почвы затеняется сплошным ковром растительности только в течение короткого весеннего периода, когда одновременно со всходами и побегами однолетней и многолетней растительности жаркого степного лета ее покрывают и быстро развивающиеся многолетние и однолетние эфемеры; после же окончания мимолетной вспышки развития последних остается на поверхности почвы изреженный покров летней флоры однолетников и многолетников с коротким периодом вегетации. Промежутки между отдельными растениями этого летнего покрова уже не могут быть заняты новыми всходами вследствие недостаточного содержания воды в почве, влаги которой едва хватает на окончание развития изреженного наличного растительного покрова. По этой причине травянистый растительный полог таких областей в летнее время не образует сплошного покрова почвы, и в верхних горизонтах последней, вследствие очень изреженного содержания подземных органов растений, сохраняющих жизнеспособность в течение круглого

года, не образуется дернины. Такая растительность носит название *степной травянистой растительности.*

Существование этих трех групп растительных организмов в виде преобладающей флоры какой-либо местности определяется общими климатическими причинами и преимущественно характером распределения влаги[1], как элемента климата, и в природе распределение вышеупомянутых трех типов зеленых растительных организмов в виде преобладающего покрова почвы носит ясно выраженный характер растительных зон, приблизительное широтное распределение которых по поверхности земного шара определяется общими причинами зональности расположения по поверхности земли климатических областей — географической широтой местности, ее материковостью и высотой над уровнем океана.

Но, кроме общих зональных причин, на преобладание той или иной группы растительных организмов на данной территории могут оказывать могущественное действие и местные причины, иногда даже подавляющие своим эффектом влияние зональных климатических причин, и к числу наиболее энергичных местных факторов относится воздействие самой группы растительных организмов на изменение свойств почвы, в которой они развиваются, а через нее и на изменение климата часто обширных областей.

Три главные группы зеленых растений, кроме своих отношений к характеру распределения в течение их вегетативного периода атмосферной влаги, отличаются друг от друга еще и некоторыми общими для каждой группы свойствами, существенно важными в биологическом отношении.

Первая группа деревянистых растений представлена типичными многолетними растениями, у которых как корневая система[1], так и стеблевые органы остаются живыми в течение часто очень больших промежутков времени, иногда сотен лет, и ежегодно у этих растений отмирает лишь все количество или определенная часть листовых органов, большая часть молодых побе-

гов, из которых остается и продолжает развиваться в течение следующих лет лишь приблизительно одна десятая часть всех побегов, начинающих свое развитие в начале каждого весеннего периода; [отмирают также] части цветка, части, окружающие плоды, и часть коры. Все это ежегодно отмирающее органическое вещество отлагается исключительно на поверхности почвы, причем, вследствие очень значительного развития во всех органах деревянистых растений механической ткани — древесины, вся масса отмершего органического вещества располагается на поверхности почвы в виде упругого, не уплотняющегося, рыхлого, легко проницаемого для воздуха и воды слоя, в котором вода и воздух не играют роли антагонистов, так как вода в огромном количестве всасывается массой мертвого органического вещества, наиболее ярко выраженным свойством которого является его влагоемкость, воздух же в массе мертвого деревянистого органического вещества помещается и свободно циркулирует в широких промежутках рыхлого, упругого слоя органических отбросов. Таким образом, в мертвых остатках деревянистых растений всегда осуществляются условия аэробиозиса в своем наиболее ярком природном выражении.

Вторая особенность деревянистых растений состоит в том, что все созидаемое ими органическое вещество пропитано во всех своих частях дубильными веществами, имеющими хорошо выраженный кислотный характер, причем часть этих веществ чрезвычайно трудно растворима в воде и из мертвого деревянистого органического вещества не выщелачивается. Часто к дубильным веществам присоединяются еще смолы, которые представляют ряд кислот — пимаровую, сильвиновую, абиэтиновую и др., растворенных в скипидаре.

Таким образом, деревянистые растения ежегодно отлагают исключительно на поверхности почвы, в условиях ярко выраженного аэробиозиса, мертвое органическое вещество, обладающее кислотными свойствами.

Как полная противоположность деревянистым растениям,

травянистые растения ежегодно отлагают массу мертвого органического вещества совершенно равномерно как на поверхности почвы, так и в массе почвы, ибо у огромнейшего числа даже многолетних травянистых растений ежегодно отмирает вся масса подземных органов, принадлежащих побегам, образовавшим в том же году цветы и семена, и заменяется новыми подземными органами бесполого размножения и новыми корнями.

Отложенное травянистыми растениями мертвое органическое вещество не отличается значительным содержанием древесины и не содержит заметных количеств трудно растворимых в воде веществ кислого характера, свободные же кислоты и кислые соли, содержащиеся в некоторых травянистых растениях, легко растворимы в воде, содержащей угольную кислоту, и быстро выщелачиваются дождями.

Следовательно, в противоположность деревянистым, травянистые растения ежегодно откладывают равномерно как на поверхности почвы, так и в самой массе почвы мертвое органическое вещество, обладающее нейтральной реакцией.

Все разнообразие травянистых растительных организмов отчетливо распадается на две группы по характеру условий, в которые неизбежно попадает мертвое органическое вещество, отлагаемое этими организмами после их отмирания. Эти условия создаются благодаря биологическим особенностям двух групп травянистых растений и настолько резко выражены, что даже изменение климатических условий, в которых развивается каждая из двух групп растений, не в состоянии изменить характера условий, в которых отлагается мертвое органическое вещество, остающееся после их смерти.

Эти две группы травянистых растений в точности совпадают с теми двумя их группами, которые мы уже выделили на основании биологических особенностей их развития.

В группе луговых или дерновых травянистых растений отмирание всей массы органического вещества, созданного ими в течение предшествовавшего вегетативного периода, происходит

глубокой осенью или зимой, и в жизнедеятельном состоянии остаются лишь органы их бесполого размножения: побеги, корневища, клубни, луковицы и т. п., развившиеся заново также в предшествовавший вегетативный период; подобные же органы, плодоносившие в истекшем году, отмирают целиком со всеми принадлежавшими им стеблями, листьями и корневой системой. Отмершая глубокой осенью или зимой масса подземного органического вещества плотно охвачена почвою в состоянии почти полного ее насыщения водою осенних дождей, вытесняющей почти весь воздух из промежутков почвы. Такие условия можно характеризовать только как условия анаэробиозиса. В подобных же условиях окажется и масса отмершего надземного органического вещества, оставляемого этими растениями на месте своего произрастания. Это вещество, потерявшее свой тургор после отмирания, и поэтому не отличающееся во влажном состоянии упругостью, вследствие малого содержания механической ткани, быстро напитывается водой осенних дождей и ложится плотным слоем на поверхность почвы, вследствие чего и благодаря огромной его влагоемкости доступ воздуха в массу этого вещества, насквозь пропитанного водой, совершенно отрезан.

Таким образом, мертвые органические остатки группы луговых или дерновых растений неизбежно попадают в условия анаэробиозиса.

В совершенно иных условиях отлагается органическое вещество отмерших организмов группы степных растений как однолетних их представителей, так и многолетних, и эфемеров. Эти растения отмирают в середине или даже в начале лета. В это время в почве, на которой выросли эти растения, наступает неизбежный минимум влажности, так как весь запас почвенной воды израсходован на создание массы органического вещества отмерших растений и так как в волосной сыпучей среде вода и воздух являются антагонистами, то очевидно, что к моменту отложения в массе почвы мертвых подземных органических остатков этих растений в ней будут господствовать условия аэро-

биозиса в наиболее ярком выражении, возможном при наличных местных условиях. Совершенно также и надземные мертвые органические остатки этих растений, оставшиеся в сухом состоянии на поверхности почвы, не будут ложиться плотным слоем до тех пор, пока длительные осенние дожди не смочат их на продолжительное время, не лишат их свойственной им в сухом состоянии упругости и не прибьют к земле.

Ясно, что мертвые органические остатки группы степных травянистых растений откладываются неизменно в условиях свободного доступа воздуха, или в условиях аэробиозиса.

* * *

Подобно первой группе и вторая первичная группа бесхлорофильных растительных организмов также отчетливо распадается в биологическом отношении на две вторичные группы на основании требований, предъявляемых организмами этих групп к свойствам обитаемой ими среды. Одна из этих групп требует как непременного условия не только своего процветания, но даже и самого своего существования, нейтральности или даже слабо выраженной щелочности обитаемой ими среды. Это — группа бактерий.

Другая группа бесхлорофильных растительных организмов, в противоположность первой, не только мирится с условиями ясно выраженной кислой реакции среды, но даже процветает в своем развитии при этих условиях, может быть, вследствие отсутствия соперничества организмов первой группы. Эта вторая группа представлена грибами, которые обильно развиваются даже в среде, содержащей свободную карболовую или соляную кислоту.

Наконец, первая группа бесхлорофильных растительных организмов может быть разбита, в свою очередь, на общеизвестные группы бактерий, требующих для своего развития присутствия в среде, в которой они живут, свободного кислорода — аэробные бактерии, и вторую группу бактерий, могущих развивать-

ся при отсутствии в среде, в которой они живут, свободного кислорода — это анаэробные бактерии.

* * *

Сопоставляя все, что было выше сказано, по отношению к требованиям, предъявляемым выделенными группами зеленых и бесхлорофильных растительных организмов к свойствам обитаемой ими среды и к изменениям, производимым их жизнедеятельностью в той же среде, мы не можем не притти к выводу об удивительном соответствии между условиями, создаваемыми воздействием отдельных биологических групп зеленых растительных организмов в обитаемой ими среде, и теми требованиями, какие предъявляются к свойствам той же среды группы бесхлорофильных растительных организмов.

Та биологическая связь, которая обоюдно соединяет тесными неразрывными узами принудительного симбиотического сожительства две первичные группы растительных организмов, зеленых и бесхлорофильных, продолжается и в дальнейших природных группах тех и других.

В отношении первичных групп растительных организмов эта связь выражается в создании зелеными растениями органического вещества, без которого, как без источника энергии и пищи, не могут существовать бесхлорофильные растения и которого они сами не могут создать, и в минерализации элементов углеродного, азотного и зольного питания зеленых растений при посредстве жизнедеятельности бесхлорофильных организмов — задачи, которой зеленые растительные организмы самостоятельно исполнить не могут.

На этом общем фоне принудительных взаимоотношений вторичные природные группы зеленых и бесхлорофильных растительных организмов сочетаются попарно в ясно очерченные симбиотические сожительства — *природные растительные формации*, состоящие из определенного закономерного сожительства природных групп зеленых и бесхлорофильных растений.

Непременная наличность в растительных сообществах, как природных проявлениях растительных формаций, преобладания определенного типа бесхлорофильных растений влечет за собою, как неизбежное следствие, воздействие растительных сообществ как целого на свойства твердой среды, в которой развиваются растения и которая сосредоточивает в себе большинство земных факторов жизни растений. В результате этого воздействия растительных сообществ на почву неизбежно изменяется ее состав, свойства и отношения к земным агентам жизни растений, что, в свою очередь, не может остаться без влияния на отношения почвы к господствующей на ней растительной формации и должно вызвать неизбежную смену преобладания одной растительной формации господством другой, находящей в новых условиях более подходящую к своим требованиям обстановку жизни. Этот медленно развивающийся комплекс процессов находит себе суммарное выражение в одном общем грандиозном процессе эволюции почвенных типов один в другой, и наблюдаемые нами почвенные типы представляют лишь отдельные статические моменты проявления этого общего динамического процесса, охватывающего всю сушу земного шара и достигающего в разных областях различных стадий своего прогрессивного или регрессивного развития в зависимости от возраста почвенного покрова страны.

Из предыдущего очерка свойств различных природных групп зеленых и бесхлорофильных организмов до очевидности ясно вытекает характер сочетания неизбежной совместности пребывания на одной и той же территории определенных групп этих растений. Очевидно, что под пологом преобладающей древесной растительности находит наиболее соответствующие своим требованиям условия существования лишь грибная флора, встречающая здесь и наличность устойчивой кислой реакции среды и ярко выраженные условия ее проветривания необходимого для них, как аэробных организмов.

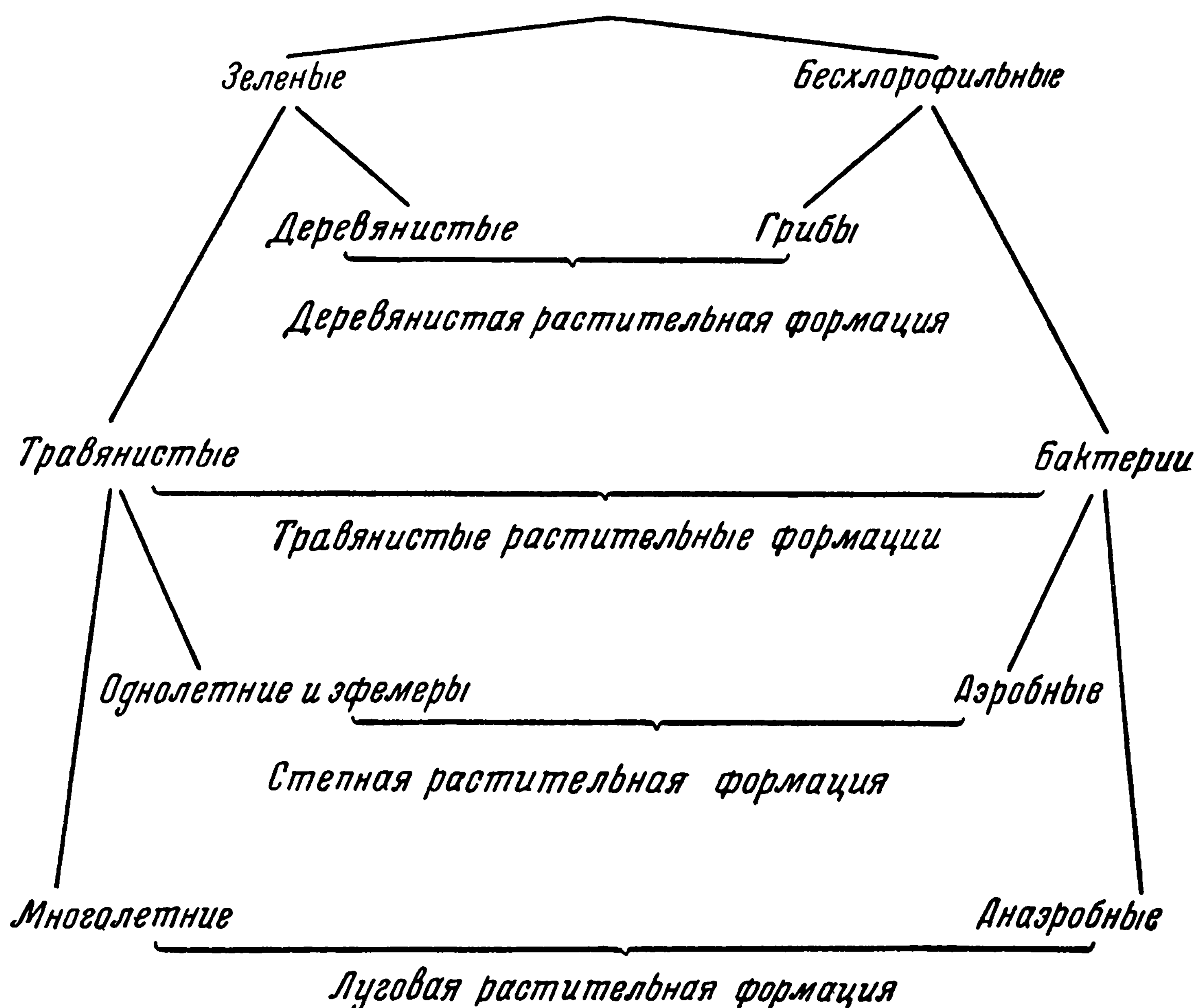
Не менее ясно, что под покровом травянистой растительности

с ее нейтральными мертвыми органическими остатками встретят соответствующие их требованиям условия жизни группы бактерий, причем группа анаэробных бактерий найдет условия, преимущественно благоприятствующие своему преобладающему развитию под покровом луговой травянистой растительности, тогда как группа аэробных бактерий отыщет наилучшую обстановку для своего процветания лишь в почве, заселенной степной растительностью.

Все сказанное может быть выражено в такой схеме (см. схему стр. 36).

Само собою разумеется, что нельзя представлять себе указанных отношений, как абсолютное отсутствие членов одной растительной формации среди сообществ другой, хотя бы и противоположной первой по характеру условий, сосредоточенных под влиянием ее воздействия в среде, в которой она развивается. Как всюду в природе, мы не можем встретить резких границ, отделяющих один порядок явлений или процессов от другого, противоположного ему по своим свойствам, так как все природные явления, процессы и тела связаны неразрывной цепью общности условий генезиса и динамики эволюции одного тела, процесса или явления в другое. Так и в данной группировке мы можем установить лишь существенные свойства резко очерченных проявлений типа, которые представляют лишь апогей выражения прогрессивного развития его свойств, развития, которое неизбежно должно перейти в регрессивное направление, рано или поздно достигающее апогея выражения свойств типа, противоположного первому.

Поэтому и в каждом растительном сообществе мы неизбежно встречаем и должны встретить представителей всех типов как зеленых, так и бесхлорофильных растительных организмов; и принадлежность сообщества к определенной растительной формации будет определяться только количественным преобладанием в нем того или иного типа растительных организмов, и это количественное преобладание будет беспрерывно подвергаться




изменению во времени то в смысле своего нарастания, то в смысле затухания, в зависимости от того, в какой момент прогрессивного или регрессивного развития данной растительной формации мы застали сообщество в момент наблюдения.

Медленность процесса эволюции растительных формаций одной в другую и однородность общего характера выражения этого процесса в различных местах его проявления позволяют выделить некоторые отдельные, наиболее типичные моменты всего динамического процесса, носящие в себе более или менее одинаковые признаки как в смысле состава растительного сообщества, так и в смысле известной степени выражения свойств среды, приобретенных ею под влиянием населяющей ее флоры и микрофлоры. Такие типичные статические моменты всего динамического процесса эволюции растительных формаций и свойство обитаемой ими среды мы характеризуем как *растительное*

*сообщество*, или *ассоциацию* по отношению к видовому составу наблюдаемой стадии развития растительной формации и как *период* по отношению к характеру и свойствам почвы, приобретаемым ею под влиянием воздействия данного растительного сообщества, отнюдь не придавая, однако, этим понятиям какого бы то ни было абсолютного стационарного значения, а рассматривая их только как характерные и типичные стадии развития одного общего процесса эволюции растительной формации. Совокупность периодов в последовательности их закономерной смены, соответствующей всему промежутку времени господства воздействия на почву определенной растительной формации во всех стадиях ее прогрессивного и регрессивного развития, мы характеризуем как *эпоху*.

* * *

Путем только что исследованного нами в широких общих чертах симбиотического сожительства зеленых и бесхлорофильных растительных организмов осуществляется в природе биологический круговорот веществ, в котором принимают преимущественное участие элементы зольного, углеродного и азотного питания растений. Внедряясь в путь большого геологического круговорота тех же элементов на той части пути его, на которой движение биологически важных элементов достигает своей максимальной скорости, процессу биологического круговорота удается в значительной мере замедлить стремительность этого движения и таким образом увеличить концентрацию количественного распространения минеральных питательных веществ в рухляковом почвенном покрове суши земного шара. Не будь этого процесса, биологические элементы на поверхности суши встретили бы непреодолимое препятствие для развития значительной величины своего количественного выражения, так как, достигнув области океана, зольные элементы питания растений и минеральные соединения азота после ряда биологических процессов должны были бы отложиться на дне его в

форме элементов новообразующихся массивных горных пород и таким образом вновь вступили бы на ту часть пути геологического круговорота веществ земной поверхности, на которой движение их совершается с геологической медленностью, и живым элементам поверхности земли пришлось бы довольствоваться для своего развития только тем количеством элементов их зольного питания, которое ежегодно освобождается путем выветривания массивных горных пород на поверхности обитаемой ими области. Но процессы выветривания принадлежат также к числу таких, которые протекают с чрезвычайной медленностью, и, кроме того, они представлены далеко не в одинаковой степени выражения на различных частях суши.

Только в горных областях, где рухляковый покров выветривания деятельностью воды или под влиянием собственного веса быстро сносится с поверхности массивной горной породы, беспрерывно освобождая все новые поверхности скал, этот процесс выражен в значительной мере, и только по тем путям, по которым вода сбегает с горных массивов обратно в моря и океаны, наличность жизненно важных элементов достигала бы заметного содержания.

Но на беспредельных равнинах Старого и Нового света коренные массивные горные породы покрыты мощным покровом остаточных продуктов выветривания горных пород, достигающим часто толщины в сотни метров; здесь процесс выветривания массивных пород, совершающийся на недосягаемой для корней растений глубине, не имеет для них никакого значения. Процессы же выветривания рухлякового покрова, составляющего дневную поверхность равнинных местностей, могут протекать лишь с чрезвычайно малой интенсивностью, так как рухляковый покров состоит преобладающим образом из конечных продуктов выветривания—кварца, аморфной кремневой кислоты, каолина и окиси железа, неспособных к дальнейшему выветриванию, ибо они, как конечные продукты процесса выветривания, представляют тела, совершенно устойчивые при термодинамических условиях,

при которых протекал процесс, продуктом которого они явились.

В лучшем случае еще незакончившегося процесса выветривания эти рухляковые покровы равнинных местностей содержат не более 5% петрографических элементов, способных к выветриванию, и ясно, что количественный приток биологически важных элементов в поверхностных слоях таких пород будет в состоянии поддержать жизнь лишь самой скудной изреженной растительности, преимущественно деревьев, обладающих широко раскинутой и глубокой корневой системой, способной охватить огромную массу рухляковой породы и в ней собрать необходимое количество пищи для создания даже жалкого рассеянного растительного покрова.

* * *

Под пологом различных природных групп растительных организмов — растительных формаций,— взятых каждая в отдельности, осуществление биологического круговорота зольных элементов пищи растений происходит в далеко не одинаковых условиях и достигает различной степени выражения.

Чтобы получить ясное представление об условиях осуществления биологического круговорота зольных элементов пищи растений и азота под влиянием трех основных растительных формаций, необходимо припомнить, что два типа процессов разложения органического вещества — аэробный и анаэробный — резко отличаются друг от друга как по характерным чертам своего проявления, так и по своим результатам.

Аэробный процесс, безразлично грибной или бактериальный, протекает быстро, подчас бурно и заканчивается в короткий срок полной минерализацией элементов мертвого органического вещества, причем в конечном результате разложения, кроме незначительного количества вновь созданного органического вещества — спор микроорганизмов, принимавших участие в процессе, и отбросов биологического процесса — гумина в случае бактериального процесса и креновой кислоты в случае грибного

процесса, — получаются окисленные минеральные соединения и простые соли зольных элементов органического вещества. Исключением из этого общего правила является только азот, который при грибном разложении выделяется в форме свободного азота.

Анаэробный процесс разложения органического вещества представляет полную противоположность аэробного. Он начинается также очень энергично, но через короткий промежуток времени совершенно затухает, так как при этом процессе не выделяется аммиак, который мог бы нейтрализовать выделяющуюся при его осуществлении ульминовую кислоту, как это происходит с гуминовой кислотой при аэробном бактериальном процессе, и вследствие того, что этот процесс протекает при непременном условии присутствия застойной неподвижной воды и, следовательно, исключена возможность выщелачивания ульминовой кислоты, подобно тому, как это происходит с креновой кислотой при грибном процессе; ульминовая кислота быстро накопляется до предела своей критической концентрации, вредной для развития анаэробных бактерий, и совершенно прекращает их жизнедеятельность. В результате всего комплекса этих явлений анаэробное разложение органического вещества прекращается, и, как неизбежное следствие этой остановки, получается накопление неразложившегося органического вещества, консервированного свободной ульминовой кислотой, раствор которой пропитывает всю его массу. Кроме того, большинство продуктов распада органического вещества при анаэробном его разложении представляет соединения восстановленные, и под его влиянием все элементы среды, в которой он протекает, способные отдать часть или весь кислород в них заключающийся, восстанавливаются этим процессом.

Зная эти основные свойства двух типов процессов разложения органического вещества на земной поверхности, мы теперь попытаемся дать общую характеристику процесса биологического круговорота элементов зольного питания растений в его прояв-

лениях под покровом трех основных растительных формаций: деревянистой, травянистой степной и травянистой луговой, причем нам также придется уделить внимание и комплексу искусственно ежегодно созидаемого покрова культурных растений.

Деревянистая растительная формация находящая себе наиболее яркое выражение в своем первичном проявлении на минеральных почвах в виде лесных сообществ и зарослей кустарников, обладает свойством, резко отличающим ее от травянистых растительных сообществ, заключающимся в том, что корневая система входящих в нее в преобладающем выражении элементов отличается значительной многолетностью. Благодаря этой ее особенности корневая система деревянистых растений имеет возможность обширного развития как в ширину, так и в глубину и потому способна охватить колоссальные по своей массе объемы рухляковой коры выветривания, и ее влияние на степень исчерпания породы по отношению к элементам зольного питания растений также превосходит влияние всех других наземных растительных формаций. Сообразно этой особенности и количество элементов зольного питания растений, переводимых деревянистыми растениями в состояние органического вещества, также превосходит количество тех же элементов, переводимых растениями других растительных формаций в то же состояние органических веществ. К сказанному присоединяется еще и то, что вследствие значительной многолетности большей части как надземного, так и подземного органического вещества, созидаемого деревянистыми растениями, связанные в нем элементы зольного питания растений надолго вырываются из большого геологического круговорота веществ и переводятся в малый биологический круговорот. Растениям этой растительной формации принадлежит роль как бы природных собирателей элементов зольного питания растений.

Но помимо большого количества элементов золы растений. запасаемых па продолжительный срок деревянистой флорой в своих многолетних стволах, сучьях, ветвях и корнях, с кроны

этих растений осуществляются также беспрерывный ежегодный приток тех же жизненно важных для всего живого на земном шаре зольных элементов органического вещества к поверхности почвы занятой ими территории в виде золы ежегодно опадающих листьев, хвои, элементов коры и отмирающих побегов.

Вся масса притекающего к поверхности почвы под пологом деревянистой растительности мертвого органического вещества разрушается исключительно под влиянием аэробного грибного процесса его разложения.

Этот процесс протекает быстро и полно, о чем красноречиво свидетельствует отсутствие явления накопления мертвых остатков деревянистой растительности, которое имеет возможность проявляться лишь в особых исключительных местных условиях, давших в прошедшие геологические эпохи возможность образования залежей каменного угля.

Перейдя вновь в состояние минеральных соединений, элементы зольного питания растений после разрушения мертвых остатков деревянистых растений растворяются в пропитывающей почву атмосферной воде, содержащей в растворе угольную кислоту, и немедленно выщелачиваются из почвы. Участь этих растворенных в воде элементов различна и находится в прямой зависимости от характера движения воды по толще рухлякового покрова выветривания под пологом древесной растительности.

По проникновении в массу почвы ток атмосферной воды приобретает двоякое направление. Часть воды начинает двигаться по неволосным трещинам и полостям, пронизывающим толщу рухляковой породы в виде редкой сети, и, пробираясь в вертикальном направлении вниз, присоединяется к потоку грунтовой воды и питает его медленное течение по поверхности уклона непроницаемого для жидкости горизонта породы. На этом пути часть воды омывает корневые окончания деревянистой растительности, и часть зольных элементов пищи растений вновь всасывается корневой системой деревянистых растений и возвращается в биологический их круговорот, но некоторое

количество этих элементов ускользает от деятельности корней деревянистых растений и проникает в область грунтовых вод, попадая на путь исключительного господства геологического круговорота веществ.

Другая часть атмосферной воды начинает проникать в почву под влиянием своего передвижения по волосным его промежуткам, и так как это волосное передвижение жидкости по зернистой среде совершается по закону равномерно замедляющегося движения, то и поступательное движение воды вниз по направлению к все более уплотняющейся массе почвы с прогрессивно повышающимися в своем выражении волосными свойствами претерпевает резко прогрессивно возрастающее замедление, и вновь поступающее в почву количество воды находит себе единственный исход в боковом движении по неволосным промежуткам почвы и по наиболее крупным волосным промежуткам ее, изобилующим как раз в области верхних слоев, наименее уплотненных по сравнению с более глубокими горизонтами. Таким образом устанавливается ток почвенной воды, приблизительно параллельный поверхности почвы, и само собою понятно, что этот ток осуществляется по направлению общего уклона поверхности почвы.

Так как корневая система деревянистых растений, растущих на минеральных почвах, развивается преимущественно в более глубоких горизонтах, и максимальное развитие их корней происходит главным образом на глубине от 70 до 100 см, то большая часть почвенной воды стекает, минуя эти горизонты, по более поверхностным слоям почвы, и благодаря этому часть зольных элементов пищи растений и в этом районе ускользает от всасывающей деятельности корней деревянистых растений и уносится током почвенной воды за пределы влияния корней их в область более пониженных элементов склонов.

По общему закону движения почвенной воды ток ее по мере своего проникновения вниз по элементам склона постепенно

замедляет свою скорость, и верхняя граница уровня потока почвенной воды приобретает все более ясную степень дифференцировки, вследствие увеличения абсолютного количества воды по причине прогрессивного увеличения водосборной поверхности склонов, и под влиянием этих двух явлений уровень потока почвенной воды все более повышается, приближаясь к поверхности почвы. Поэтому, чем ниже подвигается по склону поток почвенной воды, тем более толща его удаляется вверх от области максимального распространения корней деревянистых растений.

Таким образом осуществляется то свойство деревянистой растительной формации, что значительная часть зольных элементов пищи растений, связанных ею в формы ежегодно отмирающей массы органического вещества, вновь быстро минерализуется и вновь поступает во власть большого геологического круговорота веществ.

Степная травянистая растительная формация обладает корневой системой, длительность жизни которой измеряется промежутком времени, меньшим одного года. Ясно, что за этот короткий промежуток времени растения степной растительной формации лишены возможности развить корневую систему, сколько-нибудь значительно развитую как в направлении глубины, так и в направлении ширины своего проникновения в рухляковую породу. И хотя недостаток развития корневой системы рассматриваемых растений в ширину и восполняется до известной степени большею густотою стояния этих растений на поверхности почвы по сравнению с деревянистыми растениями, но все-таки и этого рода приспособление не может вполне заменить густую сеть длинных многолетних корней деревянистых растений, так как покров степных растений никогда не бывает сомкнутым в природном проявлении совместного обитания этих растений, и между отдельными растениями степной флоры всегда видны большие пространства незанятой ими обнаженной почвы; недостаток развития в глу-

бину корневой системы растений степной растительной формации ничем не компенсируется.

Благодаря этим особенностям развития корневой системы травянистые растения степной растительной формации могут выполнять дело собирания элементов зольного питания растений, освобождающихся во время процесса выветривания массивных горных пород, лишь в весьма несовершенной форме, ограничиваясь в этом отношении лишь поверхностными горизонтами рухляковой коры выветривания, не превышающими в среднем одного метра в толщину. Вся же остальная толща рухляка выветривания, в которой, хотя бы и с весьма малой интенсивностью, вследствие незначительного содержания петрографических элементов, способных выветриваться, но [где] все же продолжается процесс освобождения от связи с горной породой зольных элементов органического вещества, вся эта толща рухляка находится под исключительным влиянием геологической деятельности грунтовой воды, стремящейся в своем беспрерывном движении в одном и том же направлении к безостановочному вымыванию всего в ней растворимого в реки и по их руслам в область открытой водной поверхности гидросферы — в океан.

Но даже такое незначительное по величине своего возможного проявления влияние травянистой степной растительной формации на изъятие биологически важных зольных[4] элементов жизни растений из сферы исключительного влияния геологического круговорота веществ парализуется в своем конечном результате другими существенными свойствами этой растительной формации.

Продолжительность пребывания элементов золы растений в состоянии органического вещества, созданного степной растительной формацией, очень невелика. Быстро отмирает все количество созданного ею органического вещества, за исключением ничтожной по своей абсолютной величине массы семян и вегетативных органов размножения растений этой формации, и немедленно после своего отмирания вся подземная часть его

подвергается ярко выраженному аэробному бактериальному разложению; надземная же часть того же органического вещества, переносимая ветром в течение конца лета по территории почвы, обнаженной от растительного покрова, сносится к началу осени в углубления рельефа и микрорельефа и, напитавшись водою осенних дождей, также подвергается такому же разложению.

Результаты аэробного бактериального разложения нам хорошо известны — они приводят к быстрому и полному уничтожению органического вещества и к полной минерализации всех его элементов, настолько полной, что после него в обстановке жизни степной растительной формации в почве остаются только споры аэробных организмов; не остается даже того незначительного количества гумина, который оставляет после себя этот процесс в более северных широтах, так как до наступления зимних морозов, обращающих гуминовую кислоту в форму аморфного плотного гумина, и сама гуминовая кислота, выделяющаяся при ходе этого процесса из гуминовоаммиачной соли в виде нерастворимой в воде, но насыщенной ею аморфной студенистой массы, сама распадается на минеральные соединения под влиянием того же аэробного процесса.

Бурное разложение остатков растений степной растительной формации осуществляется преимущественно в такое время года, когда почва бывает в значительной мере свободна от жизнедеятельных растительных организмов. Это имеет место по отношению к разложению всей корневой массы, которое совершается летом, когда поверхность почвы в области преобладания степной растительной формации покрыта чрезвычайно изреженным стоянием только многолетней растительности, глубокие корни которой лишь в очень неполной степени могут перехватить образующиеся минеральные соединения элементов золы растений, так как главная масса корневых разветвлений их сосредоточена в глубоких горизонтах постоянной влажности почвы. Кроме того, летом, когда многолетние растения находятся в периоде полного проявления своей жизнедеятельности,

атмосферные осадки почти отсутствуют или выпадают в форме ливней, образующих обильные делювиальные потоки, во неспособных вызвать промачивание почвы и возбудить нисходящий ток почвенной воды. Осенью же, когда длительные дожди начинают выщелачивать образовавшиеся в почве минеральные соли, жизнедеятельность многолетней флоры уже не проявляет необходимой интенсивности, поглощение минеральных веществ поверхностными корнями многолетних растений степи сильно ограничено, к глубоким же главным разветвлениям их корневой системы раствор солей в почвенной воде совсем не проникает, так как глубокие слои в степной почве совершенно изолированы в своем водном режиме от верхних горизонтов почвы, благодаря присутствию характерного для этих почв горизонта скопления углеизвестковой и сернокальциевой солей, отложение которых настолько заполняет все крупные промежутки почвы, обращая их в тонковолосные, что делает этот горизонт совершенно непроницаемым для жидкости.

Таким образом, ток почвенной воды в начале осени принужден ограничиться лишь одним направлением по уклону рельефа, и по этому уклону быстро происходит выщелачивание солей раньше, чем начинающие с этого же времени развиваться озимые представители эфемеров и однолетние представители осенней степной флоры успеют противопоставить току растворенных в почвенной воде солей сколько-нибудь развитую корневую систему.

Только что упомянутые озимые представители степной флоры играют видную роль задержанием продуктов распада органического вещества отмерших надземных органов степной растительности, которые начинают разлагаться лишь с наступлением продолжительных осенних дождей, к какому времени озимая растительность степи уже успеет развить достаточную корневую систему.

Резюмируя все сказанное об отношении степной растительной формации к переводу элементов зольного питания растений из

геологического круговорота веществ в биологический, мы должны признать, что эта задача выполняется рассматриваемой формацией весьма несовершенно и на очень непродолжительный срок, после которого элементы золы, освобождаясь из состояния органических веществ, вновь поступают в область воздействия геологического круговорота веществ в природе.

* * *

Луговая травянистая растительная формация лишь немного превосходит степную по степени глубины проникновения своей корневой системы в толщу рухлякового покрова, и так же, как и в рассмотренном случае, эта глубина в среднем не превышает 100 см.

И в смысле улавливания растворенных в воде с углекислотой продуктов выветривания массивных горных пород и перевода элементов зольного питания растений в форму органического вещества растения этой формации имеют лишь немногим большее значение, чем представители степной травянистой растительной формации.

Но в совершенно ином виде представляется роль луговой растительной формации в другой части своего влияния на задержание элементов зольного питания растений в обитаемой ими почве.

Как и у растений степной травянистой растительной формации, все количество органического вещества, ежегодно созидаемого представителями луговой травянистой растительной формации, отмирает целиком в течение того же года, и в почве, обитаемой этими растениями, остаются лишь семена их и органы бесполого размножения. Но отмирание вегетативных органов растений этой формации происходит осенью в то время, когда в почве господствуют условия анаэробиозиса и когда мертвые, лишенные своего тургора надземные остатки их, смоченные осенними дождями, теряют свою упругость и плотным слоем прибиваются осенними дождями к поверхности почвы. В ре-

зультате неизбежного анаэробного процесса бо́льшая часть этих мертвых органических остатков сохраняется в неразложившемся состоянии в почве и на поверхности ее, и вместе с ними остается и все количество содержащихся в органическом веществе зольных элементов питания растений, избегая, вследствие своей нерастворимости в воде, выщелачивания из массы почвы. Зольные составные элементы растений при своем накоплении в форме органического вещества не только избегают участия в геологическом круговороте веществ в природе, но, вследствие своей нерастворимости в воде с углекислотой, делаются недоступными и для усвоения растениями, и в данном случае мы имеем частный пример полной остановки круговорота зольных элементов жизни растений со всеми последствиями ее, о которых мы уже говорили выше.

* * *

Припоминая все, что было сказано по отношению к способности трех природных растительных формаций задерживать в почве элементы зольного и азотного питания растений и обращать их в формы, пригодные для восприятия растений, мы должны притти к неизбежному выводу, что ни одна из природных групп растений не в состоянии самостоятельно исполнить эту задачу в совершенстве.

Между тем в природе мы видим, что задача равномерного распределения биологически важных элементов золы растительного и животного органического вещества решается с высокою степенью совершенства, и малый биологический круговорот веществ вносит существенные поправки в большой геологический круговорот тех же веществ и, сливаясь с последним в одно гармоническое и грандиозное целое, приводит к высшей степени равномерности распределения жизненных элементов не только по всей области суши, но и по всей области водной стихии, приводя в конечном результате к полному равновесию проявления жизни в двух антагонистах — суше и море.

Такой результат достигается путем совмещения во времени и в пространстве влияния на круговорот элементов зольного и азотного питания растений всех трех природных растительных формаций. Это совмещение влияний достигается, во-первых, путем одновременного присутствия во всяком природном проявлении всякой растительной формации во всяком растительном сообществе представителей всех трех формаций, причем принадлежность сообщества к той или иной формации выражается лишь в количественном или качественном — массовом преобладании в его составе представителей определенной растительной формации. Во-вторых, одновременно тот же результат достигается путем совершенно определенной закономерности смены массового господства представителей этих трех различных растительных формаций на одной и той же территории, что и находит себе конечное выражение в природной эволюции одной растительной формации в другую. В-третьих, закономерность распределения трех растительных формаций по территории ограниченной области достигает в своем совокупном влиянии на свойства среды, обитаемой растениями, тех же результатов. Наконец, в четвертых, деятельность животного мира, неразрывно связанного с растительным миром, также вносит свою долю воздействия на процесс распределения элементов зольного и азотного питания организмов по поверхности земли,— процесс, в котором в совершенно одинаковой степени затрачиваются жизненные интересы всех без исключения представителей проявления жизни на земном шаре.

Чтобы охватить во всей полноте широкую картину борьбы биологических элементов суши с геологическими свойствами земных агентов их жизни, следует припомнить, что по отношению к элементам своего питания все зеленые растения делятся на две группы. [К первой группе относятся] растения автотрофного типа питания, т. е. такие, которые черпают элементы своего питания непосредственно из минеральной природы без всякой непосредственной помощи каких бы то ни было орга-

низмов другого порядка; при этом растения этого типа питания предъявляют к состоянию элементов своего питания чрезвычайно узкие и строго ограниченные требования — для осуществления их питания необходимо одновременное и совместное присутствие всех элементов последнего в форме минеральных окисленных соединений. Углерод должен находиться в форме угольной кислоты, фосфор — в форме окисных солей фосфорной кислоты, сера — в виде окисных солей серной кислоты, азот — в виде солей азотной кислоты, кислород — в виде угольной кислоты и воды, водород — в виде воды, калий, кальций, магний, железо и марганец — в виде солей вышеупомянутых кислот фосфорной, серной, азотной или угольной.

Если питательные вещества, необходимые для этой группы растений, имеются в их распоряжении в форме органического вещества, входя в него в качестве конституционных составных элементов, или в форме закисных солей тех же, какие были выше упомянуты, кислот, или в форме восстановленных соединений, то растения этой группы оказываются совершенно бессильными самостоятельно завладеть этими веществами.

Источником питания этой группы растений являются или природные окисленные соединения элементов, как, например, вода и отчасти угольная кислота, или продукты выветривания массивных горных пород. Но так как последний источник питания этих растений отличается большою медленностью темпа, с которым необходимые вещества освобождаются в соответствующих формах, и, кроме того, в таком состоянии элементы пищи растений обладают значительной эфемерностью своего пребывания в рухляковой среде, из которой корни черпают свое питание, то растения автотрофного типа питания принуждены основывать свое зольное питание на преимущественном усвоении минеральных продуктов аэробного распада органического вещества. Этот последний источник представляется имеющим исключительно важное значение для растений этой группы по отношению к их питанию азотом, так как последний

в горных породах не содержится совершенно, приток же абиотически связанного азота из атмосферы далеко не может покрыть собою потребность в азоте наличного растительного покрова суши.

Необходимость для группы автотрофно питающихся растений пользоваться в целях своего питания продуктами аэробного разложения органического вещества в значительной мере смягчает резкость границы между растениями этой группы и противоположной им [второй] группы зеленых растений симбиотрофного типа питания.

В результате названной зависимости получается своего рода симбиотическое существование двух групп организмов — автотрофно питающихся растений, с одной стороны, и аэробных низших растений бактерий и грибов и животного мира — с другой стороны, причем обе группы неразрывно связаны между собою необходимостью пользования продуктами жизнедеятельности противоположной группы в качестве источника питательных элементов или одновременно с последним и как источником жизненной энергии.

Отличительным признаком этого симбиотического комплекса групп растений представляется то, что входящие в его состав группы не связаны необходимостью совместного и одновременного обитания их в одной и той же среде, и даже по отношению к некоторым членам, и на одной и той же территории.

Этот признак служит главным отличием названной группы зеленых автотрофно питающихся растений от второй группы, зеленых симбиотрофно питающихся растений.

Условия существования комплекса растений последней группы уже значительно сложнее, и в него вступают в качестве равноправных членов три рода организмов — зеленые растения и обе группы бесхлорофильных растительных организмов, как анаэробы, так и аэробы.

Строго говоря, питание зеленых растений симбиотрофного типа питания принципиально не отличается от питания зеленых

растений типа автотрофного питания; как те, так и другие для создания органического вещества требуют минеральных соединений своих питательных элементов, и разница между ними заключается лишь в той обстановке, в которой осуществляется приток к ним и усвоение ими необходимых элементов пищи.

Только в одной группе высших бесхлорофильных растительных паразитов осуществляется во всей полноте возможность питания из органических соединений, да и в этом случае полный паразит как бы сливается с организмом своего хозяина, делается частью этого организма, так как синтезирующая способность у него вполне отсутствует, и образование органического вещества паразита принципиально не отличается от процесса образования бесхлорофильных органов растения-хозяина, например, его корневой системы.

То же касается и группы зеленых полупаразитов, в которой лишь частично осуществляется подобное же слияние их с организмом растения-хозяина.

Ввиду этого группа высших растений-паразитов, как полных, так и полупаразитов, по существу не может быть отнесена ни к группе симбиотрофно питающихся растений, ни к группе гетеротрофно питающихся растений, а должна быть выделена в особую группу паразитов, осуществляющих построение органического вещества своего тела путем простого заимствования уже готового органического пластического материала, синтезированного тем или иным путем растением-хозяином.

Повидимому, к той же группе паразитов следует отнести и бобовые растения, осуществляющие свое азотное питание, насколько можно судить по далеко еще не законченному материалу исследований в этой области, путем непосредственного использования азотистых органических веществ, созданных бактериями, усвояющими свободный минеральный азот воздуха и живущими на корнях бобовых растений. Весьма вероятно, что в последнем случае проявляются до известной степени и черты симбиотического сожительства двух организмов в смысле

зольного питания клубеньковых бактерий, осуществляемого, повидимому, при посредстве корневой системы бобовых растений, но питание последних азотом носит яркие признаки паразитизма.

За исключением вышеназванных трех групп растений, остаются типичные симбиотрофно питающиеся зеленые растительные организмы, которые можно характеризовать как сапрофитные организмы, ибо в основе их зольного и отчасти азотного питания лежит разрушение мертвого органического вещества.

Этот последний процесс разрушения мертвого органического вещества требует наличности известных энзим, при посредстве которых осуществляется самый процесс распада мертвого органического вещества. Повидимому, лишь немногие высшие хлорофиллоносные растения обладают способностью к самостоятельному выделению таких энзим, разрушающих органическое вещество. Эта способность доказана для группы так называемых насекомоядных растений и с большой вероятностью она присуща так называемому торфяному мху или роду Sphagnum. Присутствие же протеолитической энзимы у большинства высших зеленых растений в самом поверхностном слое живых клеток их надземных органов, повидимому, не имеет прямого отношения к питанию, а служит в качестве приспособления для защиты организма от нападения низших паразитов.

Мы уже упоминали, что группа симбиотрофно питающихся растений по существу не отличается от обычно противопоставляемой ей группы автотрофно питающихся растений, так как обе группы предъявляют одинаковые требования по отношению к состоянию элементов своего зольного питания в форме окисленных минеральных соединений, и первая группа обладает лишь способностью активно принимать участие в процессе освобождения элементов своего зольного питания из состояния органического вещества, в конституционный состав которого входят эти элементы,— способность, которой растения автотроф-

ной группы питания или совсем не обладают, или же могут проявить ее лишь в определенных условиях, или только частично, ибо и здесь, как всюду в природе, нет резкой границы.

Если мы припомним свойства продуктов распада мертвого органического вещества под влиянием двух основных типов его биологического разложения, то мы должны признать, что свойствами, определяющими пригодность этих продуктов для питания растений симбиотрофного типа питания, обладают лишь продукты аэробного разложения органического вещества, так как только при последнем освобождаются элементы золы растительного вещества в форме окисленных минеральных веществ. Таким образом, очевидно, что зеленые растения, обитающие мертвое органическое вещество или среду, изобилующую последним, и не могущие самостоятельно подвергнуть это вещество желательному для них разложению, должны создать в массе органического вещества обстановку, отвечающую требованиям низших аэробных растительных организмов, способных произвести необходимое для них разложение органического вещества. Таким образом ясно обрисовываются условия взаимной выгодности совместного и одновременного существования двух групп организмов, или условия симбиоза этих организмов.

Характер условий, которые надлежит создать высшим растениям в среде, состоящей нацело из мертвого органического вещества, или в которой последнее составляет преобладающую часть по объему или по характеру своего распределения, ясно вытекает из анализа свойств мертвого органического вещества и его отношений к внешним агентам. Самым выдающимся свойством мертвых органических остатков, определяющим предпочтительно перед другими их отношения к внешним природным агентам, является их влагоемкость. Это свойство не только достигает в данном случае своего максимального природного проявления, но неразрывно связано с наибольшим выражением медленности передвижения жидкости по волосной органической среде, которую она пропитывает. Эта чрезвычайная медленность

передвижения воды по волосной массе мертвого органического вещества граничит, в случае отсутствия в массе его неволосных промежутков, с полной неподвижностью жидкости и неразрывно связана со способностью того же вещества в смоченном водою состоянии к увеличению своего объема — к набуханию.

Вследствие таких отношений к воде мертвое органическое вещество, скопившееся в природной обстановке в сколько-нибудь объемистой массе, даже при ничтожном количестве выпадающих осадков, жадно впитывает в себя воду и упорно удерживает ее в своей массе, не только вследствие медленности передвижения воды в органическом веществе, но и вследствие того, что поверхность высыхающего органического вещества, сильно уменьшаясь в объеме, отделяется от глубже лежащей влажной его массы трещинами и покрывает ее рыхлым слоем, препятствующим непосредственному испарению воды из органического вещества в воздух подвижной внешней атмосферы, и все испарение принуждено ограничиться тем количеством воды, которое может насытить неподвижный, трудно обменивающийся воздух, заключенный в запутанную сеть трещин, отделяющих друг от друга элементы поверхностного разрыхленного высыханием слоя органического вещества.

Явление пропитанности массы органического вещества застойной водой, заполняющей все его промежутки, создает в ней условия отсутствия воздуха; ибо в случае скопления остатков травянистых растений, которые мы здесь имеем в виду, лишенных упругих элементов древесины, все неволосные промежутки между ними смыкаются, благодаря увеличению в объеме органического вещества при его увлажнении. В случае же скопления остатков деревянистых растений при их смачивании происходит равномерное увеличение объема всей массы остатков, ибо каждый отдельный элемент таких остатков, обладающий большой упругостью вследствие значительного содержания древесины, при своем увеличении в объеме раздвигает и приподнимает соседние элементы, и условия проницаемости всей массы

деревянистых растительных остатков для воздуха не изменяются и при их увлажнении.

При таких свойствах в массе травянистых органических остатков, скопившихся в чистом виде или пронизывающих среду в значительной части ее объема, или при равномерном их распределении по массе среды в природных условиях могут осуществиться только условия анаэробиозиса, т. е. такие, при которых не может протекать разложение органического вещества, дающее в результате соединения, годные для осуществления зольного питания зеленых растительных организмов, независимо от типа их питания.

Аэробный процесс, долженствующий неизбежно протекать в поверхностном горизонте рассматриваемой нами среды, не может оказать сколько-нибудь ощутительного влияния на питание растений, корни которых погружены в среду, переполненную органическим веществом, так как продукты аэробного разложения последнего не могут проникнуть в толщу влажной среды, все промежутки которой заполнены неподвижной водой, в которой растворенные в ней вещества могут передвигаться только очень медленно, путем осмоса.

Резюмируя все вышесказанное, мы придем к заключению, что для того, чтобы осуществить свое питание зольными элементами, зеленые растения симбиотрофного типа питания должны осуществить одно главное условие — доставить кислород, необходимый для развития аэробной микрофлоры, которая при этом условии разрушит органическое вещество и, питаясь сама и получая в свое распоряжение богатое количество потенциальной энергии, связанной в органическом веществе, подготовит в продуктах разложения органического вещества обильный запас зольной пищи и связанного азота для зеленых растений.

Приведение кислорода в анаэробную среду, изобилующую органическим веществом, осуществляется при посредстве приспособлений, необходимых для существования самой корневой

системы в анаэробной обстановке, при посредстве дыхательной или воздухопроводящей ткани — аэренхимы.

Дыхательная ткань в корневой системе различных симбиотрофно питающихся в анаэробной среде растений находит самые разнообразные степени выражения своего развития; то она представлена в виде простых межклеточных промежутков, пронизывающих всю паренхиму корня и стебля растения, то клетки паренхимы корня и стебля принимают звездчатую форму или распределение, чем достигается значительное увеличение объема межклеточных промежутков; наконец, в наиболее ярком своем выражении она представлена в виде системы трубок, в известной закономерности пронизывающих всю длину корня и стебля и доходящих до дыхательных полостей листьев, и часто эти трубчатые образования до такой степени преобладают в массе корня и стебля, что эти последние на поперечном разрезе представляют подобие частого сита с отверстиями, ясно видимыми невооруженным глазом.

Аэробные низшие организмы, не могущие существовать в отсутствие кислорода, тесно приурочены в своем развитии к этим путям, по которым кислород атмосферы через устьица зеленых частей высшего растения проникает в корневую систему и в которых собирается кислород, выделяемый живыми зелеными клеточками растений при разложении ими угольной кислоты под влиянием солнечного света. Эти аэробные организмы представлены мицелием грибов, частью развивающимся в межклеточных пространствах корковой оболочки корней и проникающим в толщу паренхимной ткани корня также по межклеточным ее промежуткам; частью тот же мицелий развивается то в форме войлочного слоя, окутывающего корень плотной оболочкой, тесно сросшейся с частицами органического вещества той среды, в которой развивается корень, то мицелий грибов выходит на внешнюю поверхность корня лишь местами, образуя простые или ветвящиеся, цилиндрические или плоские тела, состоящие из сплошного плотного переплетения мицелия, то, наконец,

мицелий выходит в область внешней среды в виде отдельных длинных волосков, до иллюзии напоминающих корневые волоски высших растений или ризоиды мхов, но резко отличающихся от этих органов, как многоклеточные образования, развивающиеся на части корня, уже покрытой пробковой тканью, выходящие из промежутков между клетками и дающие характерную для мицелия грибов микрохимическую окраску.

Мы имеем здесь дело с развитием так называемой микоризы, одним из наиболее ярких примеров чисто симбиотического сожительства двух организмов, из которых каждый извлекает свою долю пользы из совместного и одновременного развития в среде, в которой каждый из организмов в отдельности не мог бы существовать.

Есть много вероятности, что в качестве организма, симбиотически сожительствующего с зелеными симбиотрофно питающимися растениями, должны развиваться не только грибы, но и аэробные бактерии, по крайней мере, как мы увидим в дальнейшем, трудно объяснить осуществление азотного питания зеленых растений в рассматриваемой обстановке без участия аэробной бактериальной флоры, ибо при грибном разложении органического вещества азот его выделяется в состоянии свободного азота, и, кроме того. мы в дальнейшем познакомимся с целым ярко выраженным сообществом зеленых растений, обладающим всеми внешними признаками симбиотрофного питания и могущим осуществить свое азотное питание исключительно путем аэробного разложения органического вещества почвы в непосредственной близости корня и частично тем же путем и свое зольное питание, но не несущих никаких признаков развития грибной флоры ни в своих корнях, ни на поверхности последних.

Таким образом осуществляется симбиотрофный или в частности *микотрофный* тип питания зеленых растений, развивающихся в среде, изобилующей мертвым органическим веществом.

Возвращаясь к анализу природных условий и обстановки, в которых биологические элементы суши земной коры стремятся вырвать жизненно необходимые им элементы зольного питания из геологического круговорота веществ на поверхности земного шара и перевести их в область биологического круговорота, мы прежде всего сталкиваемся с явлением, так сказать, дружного разделения труда между представителями трех основных растительных формаций, которое выражается в том, что всякая, отличающаяся сколько-нибудь значительным развитием в пространственном отношении, однородная по условиям своего залегания территория всегда бывает покрыта представителями всех трех растительных формаций, и только количественное преобладание, часто связанное с качественным выражением мощности развития какой-нибудь одной группы растительных организмов, позволяет нам говорить о присутствии на данной территории определенного растительного сообщества какой-либо из трех растительных формаций. Мало того, большей частью в состав членов всякого растительного сообщества входят одновременно и представители обоих типов питания, автотрофного и симбиотрофного, и, как и в первом случае, только численное преобладание той или иной группы растений определенного типа питания позволяет нам дать общую характеристику данного сообщества, как принадлежащего к той или иной группе по типу питания.

В дальнейшем изложении мы неоднократно будем иметь случай привести примеры подобной сложности состава растительных сообществ, и здесь мы на них останавливаться не будем.

Сложность группового состава всякого растительного сообщества вызывает чрезвычайно резко выраженную беспрерывную изменчивость внешнего вида, или habitus'а, сообщества в течение вегетативного периода, и перечисление видов растений, наличных в какой-либо один момент наблюдения или в одно время года, не дает верного представления о видовом составе сообщества, и только длительное наблюдение в течение всего вегетативного

[вегетационного] периода может дать истинное понятие о смене численного преобладания в различные периоды времени вегетации различных групп растительных организмов и о продолжительности их временного — сезонного — преобладания на территории, занятой определенным растительным сообществом.

Наблюдение показывает, что та или иная степень выраженности количественного господства различных членов растительного сообщества на занятой им территории находится в резко выраженной зависимости от быстроты передвижения в почве и по ее поверхности элементов зольного и азотного питания растений. В почвах, богатых элементами зольного питания растений в легко подвижной форме, связанной с легкой подвижностью почвенной воды, и, следовательно, и с резкими колебаниями влажности почвы, мы неуклонно наблюдаем и резко выраженные вспышки преобладания той или иной группы членов сообщества. Вызываемый обилием воды усиленный и быстрый весенний ток элементов зольного питания растений вызывает период роскошного развития весенней эфемерной флоры, которая стремится перехватить все элементы питания растений, наличные в форме минеральных соединений в это время года, и перевести их в формы органического вещества. Разложение органических остатков, отложенных весенними эфемерами, умеренное в своей стремительности и в быстроте передвижения продуктов их разложения сравнительно меньшей летней влажностью почвы и медленностью движения и ограниченностью количества почвенной воды, вызовет развитие однолетних и многолетних членов растительного сообщества с более медленным и менее порывистым темпом развития и, наконец, постепенно нарастающее вместе с увеличением осенней влажности почвы разложение органических остатков вместе с нарастающей быстротой передвижения продуктов разложения органического вещества в усиливающемся токе почвенной воды вызовет и новый процесс усиленного развития побегов и корней многолетних и озимых представителей сообщества, которые в следующем вегетативном

периоде будут преобладать в цветущем и плодоносящем состоянии в течение летнего периода. В особенно резко выраженных случаях осенней подвижности элементов зольного питания растений может появиться и группа осенних эфемеров.

Другую картину мы наблюдаем в том случае, когда режим почвенных вод не отличается порывистостью и когда медленное движение воды в массе почвы вызывает резко выраженное преобладание анаэробиозиса.

Количественное содержание воды в такой среде больше, чем ее содержание в предыдущей почве в какое бы то ни было время, но эта благоприятная влажность не вызывает тех порывистых вспышек развития отдельных вышеупомянутых членов растительного сообщества, хотя все эти члены представлены в нем. Развитие весенних эфемеров едва обращает на себя внимание — аэробный процесс разложения органического вещества, принужденный ограничиться в своем распространении лишь самым поверхностным горизонтом почвы, не мог за осенний и ранний весенний периоды подготовить достаточного количества зольных элементов в состоянии минеральных соединений. Развитие летних автотрофно питающихся растений также выражено чрезвычайно слабо в виде редкого вкрапления их в основной фон микотрофной флоры такой почвы; им также нехватает продуктов аэробного разложения органического вещества. Зато сплошным ковром и густым покровом развивается микотрофная травянистая и деревянистая флора такой почвы, развивается медленным темпом, ибо необходимые минеральные формы зольных элементов ее питания вырабатываются сложным процессом симбиотического сожительства представителей этой флоры с бесхлорофильными членами растительного сообщества, и, по мере образования необходимых соединений, они немедленно поглощаются и вновь переводятся в состояние органического вещества. Резким кольцом вокруг группы деревянистых представителей микотрофной флоры сообщества развивается буйная

автотрофно питающаяся растительность, использующая и переводящая в состояние органических соединений продукты быстро протекающего грибного аэробного разложения мертвых наземных отбросов деревянистых растений. Наконец, осенняя автотрофно питающанся флора сообщества выражена в еще меньшей степени, чем весенняя, и сосредоточивается преимущественно вокруг групп деревянистой флоры и под ее пологом. Мертвые надземные остатки травянистой флоры, напитавшись водой осенних дождей, плотно прилегают к поверхности почвы, сливаются с нею, и в пропитанной застойной водой массе органического вещества аэробный процесс почти совершенно отсутствует.

Но как только особенности рельефа местности создают условия притока к поверхности почвы, занятой подобным растительным сообществом, минеральных продуктов аэробного процесса разложения органического вещества, так тотчас картина резко меняется. Получается как бы совмещение на одной и той же поверхности почвы обеих вышеописанных картин—на фоне микотрофной флоры, вегетирующей тем же медленным темпом, развертываются все стадии порывистого резко выраженного развития и группы весенних эфемеров, и летнего, более покойным темпом развивающегося, покрова автотрофно питающихся растений, и вновь вспыхивает бурное появление осенних эфемеров. Режим относительного развития отдельных членов растительного сообщества во всех деталях отражает в себе характер водного режима почвы, определяющего собою степень интенсивности притока элементов зольного питания растений и форму соединений, в которых эти элементы присутствуют в почве.

Из вышеизложенного ясно вытекает, что одновременное присутствие во всяком растительном сообществе представителей как обоих типов питания, так и всех природных растительных формаций является могучим средством, при помощи которого биологические элементы суши в общем дружном влиянии, выработанном многовековым процессом приспособления к су-

ществующим природным условиям, осуществляют с возможной полнотой задачу непрерывного задержания на обитаемой ими территории зольных элементов своего питания, и только в периоды покоя высшей растительности могут проскользнуть через многослойную сеть их корней столь ценные элементы золы органического вещества.

* * *

Другим свойством растительных сообществ, вытекающим в качестве весьма важного следствия непосредственно из того же непременного присутствия в ботаническом составе всякого растительного сообщества представителей всех природных растительных формаций и обоих типов питания, является *пластичность* всякого растительного сообщества.

Эта пластичность выражается в том, что всякое растительное сообщество может, благодаря сложности своего состава, немедленно и быстро приспособляться ко всяким случайным и периодическим изменениям внешних условий, определяющих собою комплекс свойств той среды, в которой развивается растительное сообщество. И эта возможность немедленного приспособления имеет в конечном результате ту же успешность борьбы за обладание элементами зольного питания — успех борьбы за существование как каждой группы членов сообщества в отдельности, так и всего растительного сообщества в целом.

Возможность существования и процветания растительного организма определяется непременным одновременным и совместным присутствием ряда факторов, образующих в своей совокупности неизменный по составу комплекс жизненных условий организма, причем для наилучшего процветания всякого организма наличность каждого отдельного фактора этого комплекса жизненных условий должна проявляться во все время развития организма в оптимальном состоянии, отвечающем требованиям организма в данной стадии его развития. Таким образом, требования растительного организма по отношению к количественному присутствию каждого отдельного фактора

его жизни беспрерывно и в определенной закономерности меняются во все время развития организма.

С другой стороны, и природная наличность каждого отдельного фактора этого жизненного комплекса также подвержена беспрерывным количественным изменениям, совершающимся в определенном порядке.

Так как всякий растительный организм представляет продукт беспрерывно текущего процесса приспособления его к условиям обитаемой им среды, то ясно, что и направление непрерывно изменяющихся требований организма к факторам его жизни совпадает с общим направлением природного хода процесса количественного изменения наличности тех же факторов. Но также ясно, что такое совпадение изменений требований растений и природных колебаний наличности элементов этих требований может выражаться только в широких общих чертах, определяемых закономерностью периодических изменений в наличности этих факторов, зависящих от годичного перемещения земного шара по своей орбите. Но более мелкие колебания в наличности тех же факторов, зависящие от комплекса причин, которые, вследствие сложности их взаимоотношений, мы привыкли характеризовать, как случайные, очевидно могут не всегда совпадать с требованиями растительного организма в той стадии его развития, на которой застали его эти колебания второго порядка в наличности факторов его жизни.

Не менее ясно, что таким колебаниям второго порядка будут в большей степени и в более быстром темпе подвергаться факторы климатические, и, наоборот, факторы, лежащие целиком в почве, будут подвергаться колебаниям, вызываемым лишь прямым и косвенным влиянием ритмических и случайных колебаний факторов метеорологических.

Из факторов, целиком входящих в состав почвы, мы видим всю группу элементов зольного и отчасти азотного питания растений. Прямое влияние, оказываемое элементами климатическими на эту группу факторов, заключается в беспрерывном

стремлении первых к выщелачиванию последних [элементов пищи] из почвы и в обращении их на путь большого геологического круговорота веществ. И в противоположность этому стремлению вся совокупная деятельность растительных биологических элементов земной суши заключается в том, чтобы вырвать эти элементы зольного и азотного питания растений из области геологического круговорота и обратить их на путь короткого периода биологического круговорота веществ.

Косвенное влияние метеорологических факторов жизни растений на режим зольного и азотного питания растений выражается в том, что при всяком несоответствии наличности метеорологических факторов с потребностью в них растений, направленном в сторону уменьшения количественного притока фактора, немедленно наступает ослабление жизнедеятельности растений, находящее себе выражение в уменьшении количественного прироста органического вещества, созидаемого растением, что, в свою очередь, немедленно же отражается и на уменьшении количества поглощаемых растением элементов его зольного и азотного питания.

Если бы сообщество растений состояло только из ограниченного числа видов организмов одного типа, требования которых по отношению к факторам их жизни разнились бы для различных растений в пределах сравнительно узких границ, так что все они приблизительно в одно и то же время достигали бы одних и тех же стадий развития, то ослабление их жизнедеятельности, а следовательно, и интенсивности перехода элементов золы и азота в состояние органического вещества, отдало бы оставшийся избыток этих элементов под влияние прямого воздействия метеорологических факторов, стремящихся выщелочить эти вещества из почвы. Но раз в состав растительного сообщества входят представители всех растительных формаций и обоих типов питания, то всегда оказывается в составе сообщества такая группа растений, для которой наличное состояние факторов их жизни отвечает как раз той стадии развития, в которой они

находятся в данный момент, и максимальное проявление жизнедеятельности растений этой группы восполняет собою ослабление жизнедеятельности растений других групп.

* * *

Пластичность всякого растительного сообщества, как результат природной сложности его ботанического состава в смысле участия в нем представителей всех природных растительных формаций и обоих типов питания, является залогом возможности нормальной эволюции одного растительного сообщества в другое.

В свою очередь, совершающаяся в определенной закономерной последовательности смена различных сообществ одной и той же растительной формации, происходящая вследствие изменения свойств почвы под влиянием воздействия самой растительности, неминуемо приводит к численному нарастанию в составе сменяющихся растительных сообществ представителей другой растительной формации, и так как это численное нарастание всегда отличается непрерывной или периодической прогрессивностью своего выражения, то оно неизбежно ведет к совершающейся в не менее ясно выраженной закономерной последовательности эволюции одной растительной формации, господствовавшей на обширной территории, в другую растительную формацию, сменяющую первую.

Из закономерности смены преобладания представителей той или иной растительной формации слагается история растительного покрова страны, определяющая своим течением историю эволюции почвенного покрова той же территории и неразрывно связанную с двумя первыми комплексами процессов эволюцию денудационной деятельности элементов атмосферы, а следовательно, и историю развития рельефа страны.

Весь этот сложный комплекс процессов, перекрестно взаимно интерферирующихся и друг друга обусловливающих, протекает под главным влиянием двух основных причин — воз-

действия растительных сообществ на обитаемую ими среду и их влияния на изменение рельефа местности.

Для того, чтобы характеризовать совокупность воздействия всех вышеперечисленных процессов на участь зольных элементов питания растений на поверхности суши, мы проследим в широких общих чертах за их развитием на равнинных областях северного полушария, где влияние более покойного рельефа не вызывает тех резких скачков, которые сильно осложняют изучение тех же процессов в горных областях.

* * *

Огромная часть поверхности северного полушария после конца третичной эпохи была погребена ледниковым покровом, мощность которого измерялась, повидимому, сотнями и даже местами тысячами метров. В своем многовековом движении с севера на юг ледник стер все следы предшествовавшей деятельности биологических элементов суши и покрыл всю пройденную им территорию, охватывающую в Европейской России всю ее площадь до берегов Черного моря, мощным покровом продуктов своего воздействия на подстилавшие ледник горные породы — так называемыми ледниковыми отложениями.

Во время длительного многовекового процесса таяния и отступания ледника великого оледенения обломочная порода его отложений подвергалась продолжительному воздействию воды, образующейся в результате таяния ледника, и под влиянием последней и агентов атмосферы процессы выветривания рухляковой породы, оставленной ледником, зашли очень далеко, а также и процесс выщелачивания продуктов выветривания, растворенных в воде с угольной кислотой, был закончен.

Под влиянием этих причин ледниковые отложения к началу завоевания их новой растительностью содержали лишь небольшое количество петрографических элементов массивных горных пород, способных к выветриванию, и эти элементы сосредоточивались только в частицах рухляковой породы крупнее 0,25 мм;

все более мелкие элементы ледникового рухляка состоят исключительно из конечных продуктов выветривания — кварца, аморфной кремневой кислоты, каолина и окиси железа,— неспособных к дальнейшему выветриванию и не содержащих элементов зольного питания растений.

Но и в более крупных частицах рухляка, отложенного ледником, главным по количественному содержанию минералом является кварц, и количество минералов, способных к дальнейшему выветриванию и содержащих элементы зольного питания растений, которые содержатся в механических элементах ледниковых отложений крупнее 0,25 мм, лишь в редких случаях превышает 1%.

Таким образом, мы должны характеризовать породу, отложенную ледником великого оледенения, как субстрат, крайне бедный содержанием элементов зольного питания растений.

Нарастание изменений климатических условий, бывших причиной отступания ледника, должно было совершаться в весьма медленном — геологическом — темпе, и область, ближайшая к отступающему леднику, должна была отличаться холодным, влажным климатом, низкая температура которого поддерживалась близостью колоссальных масс тающего льда, и присутствием вечной мерзлоты в освобождающейся от ледяного покрова породе, так как таяние льда должно было итти с поверхности, и последняя скоро должна была покрыться корой рухляка, образующейся из элементов породы, включенной в массу льда, образуя погребенный материковый лед. Тот же горизонт вечной мерзлоты, непроницаемый для воды, вместе с нерасчлененностью послеледникового рельефа определяли пропитанность вышележащей породы водой, а следовательно, и влажность климата.

Довольно распространенный взгляд на возможность существования в непосредственном соседстве с отступающим ледником жаркого и сухого степного климата, благодаря дувшему с ледника фену, не имеет под собой никакой логически обосно-

ванной опоры, так как отсутствуют существенные элементы, необходимые для образования фена — динамическая осушка потока воздуха и последующее его динамическое же согревание, осуществимое только при наличности высокого горного массива, через который принужден переваливать поток воздуха; здесь же мы имеем беспредельную ширину равнины, выглаженную нивелирующей работой ледника.

Таким образом, отступающий ледник оставил за собою необъятную ширь равнины с совершенно нерасчлененным ландшафтом, покрытую сплошной сетью замкнутых котловин, наполненных атмосферной водой, которая при господствовавшем, благодаря близости ледника, холодном влажном климате не успевала испаряться. Образовался типичный озерный ледниковый ландшафт.

Холодное лето, суровая зима и присутствие вечной мерзлоты не могли способствовать развитию древесной растительности, и на бедной зольными элементами питания растений рухляковой породе могла развиться лишь скудная флора мхов, лишайников и самых нетребовательных травянистых растений. Проникая своими неглубокими ризоидами и корнями лишь на ничтожную глубину в толщу породы, растительность послеледниковой тундры могла отложить лишь тонкий слой мертвых органических остатков на поверхности породы и не могла в то же время в достаточной мере защитить поверхность породы от размыва ее атмосферными водами. Наступает период расчленения озерного ледникового ландшафта. Постепенно исчезают спускаемые размывом делювиальных потоков озера, и медленно, но непреклонно, развиваются все элементы рельефа, вырабатываются долины, дифференцируются водораздельные плато и развиваются элементы склонов, покрываемые делювиальными наносами.

Тем временем ледник отодвигается все дальше к северу, и начинают вступать в свои права широтные элементы климата, который, благодаря также и осушке страны вследствие расчле-

нения ее рельефа и понижению верхнего уровня вечной мерзлоты, уже допускает возможность развития более требовательной флоры.

Характер флоры, долженствовавшей сменить флору тундры, не оставляет сомнения.

Пока шел процесс развития тундры, безостановочно работали и агенты выветривания рухляковой породы, но лишь ничтожная доля освобождающихся при выветривании толщ ледниковых наносов зольных элементов пищи растений могла быть переведена в состояние органического вещества. Корни тундровой флоры могли проникнуть в толщу породы лишь на небольшое число сантиметров, и только из этого ничтожного слоя и могли они задержать элементы своей золы. Остальная масса растворимых в воде продуктов выветривания элементов рухляковой породы должна была медленно передвигаться вниз по толще породы, ибо влажный климат тундры исключал возможность яркого выражения восходящего тока воды в породе.

Сначала нисходящий ток воды в толще плотной, насквозь промоченной породы был чрезвычайно замедлен, он мог быть только волосным. Но постепенно развивались долины, постепенно сбегала вода как с поверхности породы, так и из ее толщи, и по мере осушения породы в ней развивалась сеть трещин, и по ним, прогрессивно развиваясь, устанавливался ток капельно-жидкой воды, уносившей невообразимые количества элементов золы растений из необъятной массы рухляка в бассейны океана.

Ясно, что в создавшихся условиях травянистая флора с ее короткими корнями и при ничтожном запасе зольной пищи и азота, накопленных флорой тундры в поверхностном горизонте органического вещества, не могла быть серьезным соперником в развитии деревянистой растительной формации в подавляющем численном превосходстве ее представителей. Могучая корневая система деревьев, охватывающая десятки и сотни тысяч килограммов рухляковой породы, одна только

могла захватить из нисходящего тока грунтовой воды достаточное количество питательных элементов, чтобы использовать притекающую солнечную энергию и создать сомкнутый полог растительного покрова на поверхности уже расчлененного размывом рельефа рухляковой ледниковой породы.

Поверхность, освобожденная ледником, была завоевана тайгой. Полог тайги, упругий покров ее мертвых органических остатков на поверхности почвы и густая сеть могучих деревянистых корней в массе породы остановили процесс размыва страны и расчленения ее рельефа.

Началась деятельность иного порядка. Прежде всего к этому времени вода, заполняющая промежутки породы, передвигавшаяся ранее однородным медленным нисходящим потоком грунтовой воды, теперь расчленилась на два потока. Поверхностные горизонты породы под влиянием атмосферных вод претерпели значительные изменения. На повышенных элементах дифференцировался горизонт элювия первоначальной породы, все же элементы склонов покрылись равномерно возрастающим в своей мощности по направлению к их подошве слоем делювия. Оба эти горизонта резко отличаются от первоначальной породы своей гораздо менее выраженной плотностью и значительно большей водопроницаемостью.

Поэтому атмосферная вода, впитываясь в поверхностные горизонты породы, быстро достигает плотной неизмененной породы, которая сразу представляет огромное препятствие для ее движения вниз, и значительная часть воды, проникшей в породу, начинает передвигаться по направлению падения склона в горизонте элювия и делювия, и только часть всей воды, поглощенной породой, направляется вниз по трещинам неизмененной породы. Дифференцируется горизонт почвенной воды, движущейся приблизительно параллельно поверхности почвы, отчленившийся от горизонта грунтовой воды, движущейся вниз по толще рухляковой породы до непроницаемого слоя коренной

породы, по уклону поверхности которой и устанавливается медленный и непрерывный ее ток.

Со времени обособления потока почвенной воды зарождаются два ярко выраженные процесса: во-первых, процесс обособления свиты почвенных горизонтов, резко отличающихся от рухляковой материнской породы своим существенным признаком — концентрацией в них элементов зольного питания растений и азота, лежащих в основе плодородия почвы, и, во-вторых, процесс распределения тех же питательных веществ в определенной закономерности по элементам рельефа поверхности страны — процесс, лежащий в основе распределения сообществ трех растительных формаций по элементам того же рельефа страны.

Мы уже упоминали, что двумя основными причинами смены господства одной растительной формации преобладанием другой являются воздействие представителей растительной формации на материнскую породу и влияние рельефа местности. Эти две основные причины определяют собою два разные порядка процессов этой смены; первая определяет собою процесс смены преобладания основных растительных формаций во времени, вторая определяет собою процесс смены и распределения растительных формаций в пространстве. Первая причина, действующая преимущественно во времени, есть синоним истории страны в смысле истории развития ее растительного и почвенного покрова и функции этих явлений — ее климатических условий. Вторая причина, действующая преимущественно под влиянием пространственных свойств суши — ее рельефа, определяет собою закономерность порядка распределения растительного покрова по поверхности страны и пестроты ее почвенного покрова.

Совершенно очевидно, что обе основные причины, влияющие на характер и порядок смены растительных формаций, имеют только две возможности осуществления своего влияния на флористические особенности страны — они могут влиять на расте-

ния только путем своего воздействия на факторы их жизни, а из этих факторов только два находятся в зависимости от свойств среды, на которой развиваются растения — это вода и питательные вещества.

Но вода не представляет неотъемлемого составного элемента среды развития растений — почвы. Последняя является лишь посредником между водой, выпадающей из атмосферы, и растением ,и изменения в отношениях почвы к воде являются не причиной смены растительных формаций, а следствием этой смены, и единственный фактор, который целиком и исключительно заключается в почве и который может быть причиной изменения флоры ее,— это элементы зольного питания растений и связанный почвенный азот.

Мы видели, что в природной последовательности, определяемой свойствами среды, за эпохой тундры должна была следовать эпоха господства деревянистой растительной формации, эпоха тайги. Другие растительные формации не могли выставить достаточно сильных соперников в деле использования зольных элементов питания, рассеянных в виде чрезвычайно редкого распыления по среде, в которой должны были развиваться корни растений.

В развитии деревянистой и, в частности, в разбираемом случае древесной — лесной — растительности мы совершенно ясно можем отметить два ярко выраженных периода ее развития. Первый период, когда молодое лесное природное сообщество представляет сомкнутый полог, густо отеняющий почву и в такой степени перехватывающий притекающую к поверхности почвы световую энергию, что развитие представителей других растительных формаций под пологом такого сомкнутого молодого леса может проявиться лишь в самых ничтожных размерах как в смысле числа их представителей, так и в смысле степени развития последних. Но по мере увеличения возраста лесного растительного сообщества отдельные его представители все более развивают свои надземные органы в вышину

и ширину, и вследствие взаимного затенения наиболее индивидуально слабые члены сообщества постепенно все более угнетаются наиболее сильными, постепенно отмирают, и природное лесное сообщесто этим путем естественно изреживается — осветляется.

Под пологом осветленного лесного сообщества находят превосходные условия существования представители двух других растительных сообществ.

Хотя само лесное растительное сообщество и влияет в значительной мере на увеличение степени равномерности сохранения в почве влаги, выпадающей из атмосферы, как тем, что представляет сильное механическое препятствие для стекания воды с поверхности почвы, благодаря огромной влагоемкости и рыхлости покрывающей почву лесной подстилки, так и благодаря умеряющему воздействию крон деревьев на быстроту таяния снегового покрова, а следовательно, и на быстроту сбега весенней воды, но все-таки неравномерность притока атмосферной капельно-жидкой воды к поверхности почвы не погашается окончательно и продолжает существовать, хотя и в значительно смягченной форме. В наших широтах сурового северного и умеренного климата, которые и подлежат рассмотрению в настоящей книге (в которой совсем не затрагиваются детали распределения и смены растительных формаций в областях тропической и подтропической, в которых атмосферные осадки в течение круглого года выпадают в виде капельно-жидкой воды), главной причиной неравномерности притока капельно-жидкой воды к поверхности почвы является выпадение атмосферных осадков в течение зимы в виде снега, длительное скопление его на поверхности почвы и быстрое обращение всего этого запаса снега в воду в течение короткого периода ранней весьы.

Хотя в области господства лесных растительных сообществ этот период таяния зимнего покрова снега и стока снеговой воды в значительной степени замедляется, в особенности по отношению ко второму явлению, все-таки это замедление отражается

главным образом на режиме грунтовой воды и в меньшей степени влияет на режим почвенных и делювиальных вод.

В конечном результате влияние леса сказывается на установлении более равномерного режима речных вод, в которых весеннее половодье не достигает таких грандиозных размеров, как в областях безлесных, но весенняя прибыль воды не спадает так быстро и поддерживает меженный уровень воды в реках на большей и более равномерной высоте.

Несмотря, однако, на меньшую резкость выражения весеннего максимума увлажнения почвы, он находит себе ясное отражение в появлении весенней травянистой флоры осветленного лесного сообщества.

Эта весенняя флора имеет уже все существенные признаки представителей степной растительной формации. Она обладает способностью чрезвычайно быстрого развития независимо от того, принадлежат ли ее виды к развивающимся ежегодно исключительно из семян или к таким, которые развиваются и ежегодно из семян и в дальнейшем в течение ряда лет из органов своего бесполого размножения — клубней, луковиц, корневищ и т. п., и вторым отличительным признаком ее является отмирание всего количества созданного этими растениями органического вещества, кроме семян и органов своего вегетативного размножения, в начале летнего периода.

Развитие этой весенней флоры осветленного лесного растительного сообщества совершается за счет того количества зольных элементов питания растений и минеральных соединений азота, которые накопились в лесной подстилке вследствие ее аэробного разложения в течение глубокой осени и которые не могли быть переведены в органическое вещество вследствие слабого выражения жизнедеятельности биологического покрова почвы в это позднее осеннее время. Осенью эти минеральные соединения передвигались медленным током как по направлению движения грунтовых, так и почвенных вод, составляя несомненный источник потери почвою элементов пищи растений. Величина

этих потерь до известной степени умеряется тем, что интенсивность аэробного разложения органического вещества в холодное позднее осеннее время невелика, и с наступлением зимы лесная подстилка промерзает, и разложение ее, равно как и выщелачивание продуктов ее распада, прекращаются.

Зато весной, когда масса снеговой воды промоет накопившуюся в качестве продукта жизнедеятельности грибной флоры креновую кислоту, начинается усиленное разложение органических остатков леса и усиленное поглощение продуктов их разложения весенней травянистой флорой леса.

Часть зольных элементов пищи растений и минеральных соединений азота, проскользнувшая глубокой осенью и зимой через горизонт развития корней травянистой флоры, в своем медленном нисходящем движении будет вновь перехвачена рано просыпающимися к своей весенней деятельности корнями лесных деревьев и вновь возвращена в биологический круговорот веществ. Также и часть тех же элементов, направляющаяся с током почвенной воды по склону рельефа местности, будет вновь возвращена в биологический круговорот ранней деятельностью деревянистых и травянистых членов лесного сообщества, но все-таки в течение зимнего периода часть биологически важных зольных элементов проскользнет за пределы досягаемости их корнями растений и попадет в водные бассейны, чтобы послужить там источником развития водной флоры и фауны.

Летом под пологом осветленного леса будут развиваться два рядом идущие процесса — разложение деревянистых элементов лесной подстилки грибной микрофлорой и разложение остатков травянистой весенней флоры аэробной бактериальной микрофлорой, ибо все остатки этой весенней флоры сосредоточены или над поверхностью почвы, или в рыхлом слое лесной подстилки, по которой весной осуществляется главным образом ток снеговой воды.

Под влиянием тока нового количества зольных элементов раз-

вивается и достигает к началу лета своего полного расцвета новое поколение травянистой растительности луговой растительной формации. Вначале она представлена исключительно корневищевыми формами растений самых разнообразных семейств, но с резко выдающимся преобладанием злаков.

Новая летняя флора осветленного леса принадлежит к луговой растительной формации и обладает двумя существенными признаками растений этой формации — тем, во-первых, что все количество созданных ею в течение вегетативного [вегетационного] периода побегов, которые цвели и плодоносили в течение этого периода, ежегодно глубокой осенью отмирает со всеми развившимися на этих побегах корнями, и, во-вторых, способностью к неограниченному воспроизведению новых побегов до тех пор, пока в распоряжении этих растений имеются элементы пищи и приток воды, света, тепла и кислорода допускает такое развитие, которое у многих представителей этой флоры наблюдается даже зимой под снеговым покровом.

Последнее свойство растений этой растительной формации представляет особенно высокую ценность в смысле способности этой флоры мгновенно приспособляться к малейшим количественным изменениям наличности зольных элементов. Ясно, что приток зольных элементов в форме усвояемых корнями минеральных соединений осуществим только при наличности одновременного притока воды. Когда, при наличности этих двух факторов, имеются одновременно и условия благоприятного сочетания тепла, света и притока кислорода, усиленно развиваются уже готовые побеги с их корневой системой, и нередки случаи вторичного зацветания и плодоношения этой флоры. Если же условия тепла и света недостаточно благоприятны для цветения или плодоношения, начинается усиленное новообразование из узлов кущения молодых побегов с соответствующей каждому побегу системой корней. Таким образом, каковы бы то ни были условия развития растений летом и осенью, беспрерывно увеличивается вплоть до наступления устойчивых морозов сеть кор-

ней, способная перехватывать зольные элементы пищи растений и азот в форме минеральных соединений, освобождающиеся под влиянием аэробного грибного и бактериального разложения мертвых остатков деревянистых и травянистых растений степной растительной формации сообщества осветленного леса, и к наступлению осеннего максимума содержания воды в почве достигает своего максимального выражения и развитие сети живых корней в той же среде.

С наступлением зимы отмирает вся масса надземных частей и корней плодоносивших побегов как развившихся летом, так и таких же побегов второй генерации и их корней, а также отмирают те побеги с принадлежащей им корневой системой, которые начали развиваться осенью, но не успели достаточно окрепнуть к наступлению зимы.

Вся эта масса мертвого органического вещества отлагается на поверхности почвы и в массе почвы в то время, когда влажность последней достигает своего максимума, а поэтому аэрация — своего минимума, вследствие чего подземная часть органического вещества осенью может начать разлагаться лишь под влиянием анаэробного процесса, который скоро замирает как под влиянием накопления в массе органического вещества ульминовой кислоты, так и под влиянием зимнего понижения температуры.

Весной следующего года снеговая вода вновь промоет накопившееся органическое вещество, удалив избыток креновой и ульминовой кислот, и деревянистое органическое вещество лесной подстилки вместе с пронизывающими его остатками травянистых растений, рыхло залегающих, благодаря одновременному отложению вместе с ними упругих деревянистых остатков лесных деревьев, начнет разлагаться под влиянием аэробного процесса. Но бурный процесс аэробного разложения, совершающийся в горизонте лесной подстилки, будет потреблять весь кислород воздуха, проникающего в нее, и мертвое органическое вещество, отложившееся осенью в почве, окажется

как весной, так и летом следующих за его отмиранием годов в условиях анаэробиозиса, или другими словами, будет сохраняться в неразрушенном состоянии.

На следующий год повторится то же самое явление, и таким образом постепенно зарождается процесс обогащения рухляковой породы органическим веществом, а с ним и зольными элементами его и связанным азотом. Процесс этот будет развиваться прогрессивно, нарастая в своем выражении, так как скопление мертвого органического вещества само по себе усиливает условия анаэробиозиса, усиливая поглощение кислорода в своих поверхностных горизонтах, и неизбежно влечет за собою устойчивое скопление атмосферной воды в массе почвы, пронизанной органическими остатками.

Но кончается естественный период осветленного леса, и под пологом изреженного лесного сообщества вновь развивается густая щетка молодых деревьев нового поколения, смыкаются их молодые кроны, и травянистая флора изреженного леса в сильнейшей степени угнетается и, лишенная притока света, частью отмирает, частью сохраняется в форме едва живых былинок.

Мертвые надземные органические остатки этой травянистой флоры разлагаются нацело безраздельно господствующим в горизонте лесной подстилки аэробным процессом разложения, и продукты его разложения претерпевают ту же участь, как и продукты разложения деревянистых остатков, на которой мы уже останавливались. Но мертвое травянистое органическое вещество, отложившееся в массе почвы, сохраняется в ней, совершенно не подвергаясь никаким изменениям. Оно не может подвергнуться бактериальному разложению, вследствие устойчивой кислой реакции почвы, его заключающей, пропитанной продуктом грибного разложения — креновой кислотой; грибному же разложению оно также недоступно как вследствие присутствия той же креновой кислоты, так и вследствие резких условий анаэробиозиса, в которых оно находится,

определяемых в своем ярком выражении наличностью бурного аэробного процесса, господствующего в поверхностном, покрывающем почву, горизонте лесной подстилки.

Таким образом, когда вновь наступит процесс естественного осветления нового поколения лесного сообщества, почва леса уже будет содержать запас органического вещества, оставшегося от предыдущего периода развития травянистой флоры сообщества осветленного леса.

Присутствие в почве, покрытой лесом, запаса мертвых органических остатков, прогрессивно растущего с каждым новым годом периода осветленного состояния леса, и сохранение этого запаса в полной неприкосновенности в продолжение всех периодов пребывания лесных сообществ в сомкнутом состоянии внесет с течением времени резкое изменение свойств рухляковой породы, на которой развивались сообщества лесных деревьев, и к этим изменениям присоединятся еще и те, которые произошли в породе под влиянием воздействия на нее самой древесной растительности.

Уже беспрерывное во все время роста сообщества деревянистой лесной флоры промывание верхних горизонтов породы раствором креновой кислоты внесет в нее глубокие изменения, известные под названием оподзоливания породы или образования почвы подзолистого типа. Сущность этого процесса сводится к растворению креновой кислотой всего количества заключавшихся в породе карбонатов извести и всей окиси железа, после чего та же креновая кислота начинает расщеплять водную глиноземнокремневую кислоту, или глину, и в результате этой последней реакции на месте глины остается лишь порошковатая аморфная кремневая кислота, отщепленный же глинозем также растворяется креновой кислотой; получается новая порода, отличающаяся светлым цветом и содержащая большое количество пылеватых частиц аморфной кремнекислоты; такая порода обладает пластичностью во влажном состоянии, но в сухом виде совершенно лишена связности; все промежутки

этой породы заполнены мелким порошком аморфной кремневой кислоты и поэтому все они отличаются волосными свойствами.

Все выщелоченные из подзолистого горизонта образующейся почвы вещества в виде солей креновой кислоты увлекаются током почвенной воды в более глубокие горизонты. Здесь, вследствие отсутствия свободной креновой кислоты, образовавшей в верхнем слое почвы нейтральные соли извести, железа и алюминия, соли креновой кислоты частью восстанавливаются господствующим анаэробным процессом в нерастворимые в воде апокренаты извести, железа и алюминия, частью же разрушаются с выделением окисей железа и алюминия и карбоната извести, которые и оседают между частицами породы, образуя так называемый ортштейновый горизонт, представляющий различные степени и выражения цементации рухляковой породы вышеназванными аморфными осадками апокренатов, окисей и карбоната. В этом же горизонте выделяются и трудно растворимые фосфаты извести и железа, вследствие нейтрализации креновой кислоты.

В подзолистом горизонте такой почвы и происходит скопление мертвых органических остатков наряду с образующейся при их анаэробном разложении ульминовой кислотой, которая обращается зимними морозами в нерастворимое состояние и накопляется в форме бурого аморфного перегноя.

Происшедшие под влиянием этих двух процессов попеременного воздействия на рухляковую породу представителей деревянистой и травянистой растительных формаций изменения свойств ее не могут остаться без влияния на развитие растительного покрова страны.

Прежде всего свойства породы, изменившиеся в смысле заполнения всех крупных ее промежутков мельчайшим порошком аморфной кремневой кислоты и массой мертвых органических остатков и аморфного перегноя, должны повлиять на сильное увеличение влагоемкости породы, так как влагоемкость представляет основное существенное свойство органического вещества, и на одновременно неразрывно связанное с первым свойством

сильное замедление передачи по массе породы воды, движение которой становится исключительно волосным. Вследствие этих изменений свойств породы водный режим почвы должен резко измениться: претерпит резкое уменьшение количество воды, проникающее в почву, и, наоборот, сильно повысится количество воды, стекающей по поверхностному еще рыхлому слою лесной подстилки.

Вследствие вышесказанного, питание водой глубоко коренящихся лесных деревьев будет постепенно все более затрудняться, а в поверхностных горизонтах почвы все чаще и все на более долгие промежутки времени будут устанавливаться условия анаэробиозиса. Корневищевая травянистая растительность, до сих пор господствовавшая под пологом осветленного леса, должна будет уступить свое место такой же автотрофно питающейся флоре, но лишенной длинных подземных органов, флоре рыхлокустовых растений, у которых корневища, избегая условий анаэробиозиса, быстро покидают почву и образуют рыхлый куст.

Испытывая периодически острую нужду в воде, и покров деревянистой флоры принужден будет также измениться. Серьезными соперниками глубоко укореняющихся лесных деревьев окажутся такие породы их, которые обладают поверхностно развивающейся корневой системой, и последние в непродолжительном времени вытесняют первые, вследствие большей обеспеченности водою верхних горизонтов почвы.

Такая смена древесной растительности вызовет в очень скором времени резкую перемену в питательном режиме всего растительного сообщества. С прекращением развития древесных пород, обладающих глубокими корнями, очевидно, в сильной степени уменьшится обогащение верхних слоев породы—почвы—зольными элементами пищи растений за счет ее глубоких слоев, и так как под влиянием воздействия луговой травянистой растительности ежегодно все возрастающее количество элементов золы растений откладывается в поверхностных горизонтах почвы в обстановке анаэробиозиса в форме органических остат-

ков, то очевидно, что растения автотрофного типа питания очень скоро должны будут начать терпеть острую нужду в зольных элементах своего питания, а также и азота, которые окажутся переведенными преимущественно в форму недоступного для этих растений органического вещества.

Неминуемо должны появиться растения симбиотрофного типа питания, и к этому типу принадлежат прежде всего все деревья с поверхностно развивающейся корневой системой.

Но кроме деревянистой, микотрофно питающейся растительности, на основе того же недостатка элементов зольного и азотного питания растений в форме минеральных соединений появится и богатая травянистая растительность симбиотрофного типа питания, представленная прежде всего богатым покровом плотнокустовых злаков.

При условиях создавшегося обилия воды в верхних, переполненных органическим веществом, горизонтах почвы и при наличности богатой содержанием золы и азота массы органического вещества симбиотрофная травянистая растительность, питающаяся, благодаря своему симбиотическому сожительству с грибами, а может быть, и с аэробными бактериями, достигает чрезвычайной роскоши своего развития и представлена главным образом плотнокустовыми злаками.

Чрезвычайная густота ковра этой флоры ставит сильнейшее препятствие развитию новых поколений деревянистых растений, особенно лесных деревьев, возобновляющихся при посредстве семян, которые по мере смены их поколений все более и более изреживаются, и, наконец, эта деревянистая флора окончательно покидает территорию, и наступает период господства симбиотрофно питающейся травянистой флоры, составляющей основной фон сообщества, и в этом основном фоне вкраплены представители деревянистой микотрофно питающейся растительности, размножающейся побегами от корней или от корневой шейки, и представители степной растительной формации, использующей продукты аэробного процесса разложения

органического вещества, протекающего в наиболее поверхностном горизонте последнего и вымываемого из него поверхностными потоками воды, приобретающими все большее значение вследствие непронипаемости для воды почвы, переполненной органическим веществом.

* * *

Таким образом, под влиянием воздействия самой попеременно преобладающей растительной формации на среду, которую [в которой] она обитает, свойства последней изменяются в такой мере, что в ней создаются условия, резко расходящиеся с теми требованиями, которые предъявляются господствовавшей растительной формацией жизненным факторам, посредником между которыми и растением является почва, т. е. к воде и элементам зольного и азотного питания.

Растительность лесо-луговой эпохи принуждена уступить место другой, более соответствующей новым создавшимся условиям среды.

Эти новые условия среды, создавшиеся чисто геологическим путем при посредстве накопления ничтожных, на первый взгляд, результатов внешних воздействий в течение длинного периода времени, заключаются в том, что верхние горизонты рухляковой породы дифференцировались в самостоятельную свиту геологических отложений в горизонты почвенных образований. Благодаря массовому накоплению в поверхностных частях этих горизонтов мертвых растительных остатков и аморфного перегноя, заполняющих все промежутки между минеральными частицами почвы, эти верхние горизонты сделались совершенно непроницаемыми для воды, и в результате режим почвенных вод совершенно освободился от связи с режимом грунтовых вод. Почвенные горизонты, подстилающие горизонт скопления органического вещества, стали испытывать непрекращающийся недостаток воды, которая вся задерживается влагоемким и непроницаемым для воды горизонтом скопления

органического вещества. Грунтовые же воды лишь в редких случаях своего неглубокого залегания могут способствовать увлажнению этих горизонтов путем медленного проникания в них восходящего тока волосной воды.

Создавшийся водный режим должен неминуемо привести и к изменению питательного режима. Корни деревянистой растительности, не встречая достаточного запаса воды в горизонтах обломочной породы, подстилающей почву, прекращают свое развитие в этих горизонтах, и ясно, что этому явлению должно сопутствовать и прекращение перевода элементов зольного питания растений из обломочной породы в почвенные горизонты. Вследствие сказанного, растительность такой почвы принуждена ограничиваться лишь тем запасом элементов своего зольного питания, которые накоплены поколениями предыдущей флоры в горизонтах почвы. Все количество этих элементов золы, а также и огромный запас связанного азота заключается в поверхностных почвенных горизонтах в форме органического вещества, и некоторые из них, преимущественно фосфор и азот, заключаются также в ортштейновом горизонте, азот — в форме органического соединения — апокреновой кислоты апокренатов, фосфор — в виде минеральных фосфатов, защищенных от механического выщелачивания тем, что они облечены коллоидальной аморфной массой органоминеральных соединений, обладающих колоссальной влагоемкостью, обусловливающей полную неподвижность пропитывающей эти вещества воды.

Вся масса органического вещества в течение круглого года пропитана водой, которая по той же причине, о которой только что упомянуто, пребывает в почти полной неподвижности, определяя этим условия абсолютного анаэробиозиса, не прекращающегося во времени.

По этой причине органическое вещество остается без разложения, а все свободные минеральные соединения, способные к восстановлению, переходят в свои восстановленные формы соединений.

По этим причинам растения автотрофного типа питания совсем не в состоянии развиваться в такой среде и принуждены ограничиться в качестве места для развития своей корневой системы исключительно самым поверхностным слоем свежеотложившегося органического вещества, еще не успевшего уплотниться действием дождя и снега и еще не слившегося в общую массу с остальным органическим веществом почвы. Только в этом поверхностном горизонте может самостоятельно совершаться аэробный процесс разложения, который и снабжает элементами зольного и азотного питания растения автотрофного типа питания.

Такова обстановка, на фоне которой может развиться только болотная эпоха развития растительного покрова страны.

Как и предыдущая лесо-луговая эпоха развития растительного покрова страны, болотная эпоха слагается из ряда периодов, эволюционирующих один в другой в определенной закономерной последовательности и отличающихся друг от друга более или менее длительным численным преобладанием представителей той или иной растительной формации в растительных сообществах, характеризующих проявление каждого периода в зависимости от характера комбинации местных условий.

Первый период болотной эпохи резко выделяется пышным развитием травянистой симбиотрофной растительности луговой растительной формации, встречающей превосходные условия для своего питания благодаря наличности обильного количества органических остатков, богатых как золой, так и азотом, что отвечает строению их неглубоких и широко раскинутых маловетвящихся корней.

Растения степной травянистой растительной формации представлены богатой флорой однолетних растений, развивающихся ежегодно только из семян, и таких же двулетних растений, которые используют: первые — преимущественно весеннее количество минеральных форм зольных элементов и азота, движущихся в самом поверхностном слое почвы и на поверхности по-

следней вместе с весенней снеговой водой; вторые — озимые — используют летнее и преимущественно осеннее количество тех же элементов, освобождающихся в поверхностных аэробных горизонтах органического вещества, под преобладающим влиянием аэробного разложения отживших остатков весенней флоры.

Кроме этих представителей степной флоры, в течение всего вегетативного периода развиваются и представители луговой растительной формации автотрофного типа питания в виде многолетних растений с чрезвычайным развитием корневищ, густо усеянных пучками неглубоких, но очень разветвленных корней.

Особенностью развития представителей степной флоры в этих условиях является то, что, несмотря на отмирание их в конце весны или в начале лета, аэробное разложение их корневых остатков не может осуществиться во всей полноте вследствие того, что летний минимум влажности этих перегнойных почв не всегда является синонимом максимума проникновения в них кислорода, так как благодаря обилию органического вещества кислород весь поглощается самым поверхностным горизонтом почвы, и в массе ее господствуют непрерывные условия анаэробиозиса. Поэтому и представители степной флоры в местных условиях частично приобретают основной признак луговой флоры — их подземные остатки разлагаются анаэробным путем и, следовательно, влияют так же, как и остатки растений луговой формации, в смысле накопления органического вещества в почве.

Деревянистая флора этого периода представлена исключительно микотрофно питающимися ее представителями, обладающими длинными корневищами и имеющими одновременно способность образовывать корни из любого места их стеблей и ветвей.

Эта последняя особенность имеет то важное значение, что этим путем деревянистая флора избегает опасности быть погребенной беспрерывно и быстро нарастающей с поверхности почвы толщей мертвого органического вещества.

Способность быстрого передвижения [зоны развития корней] по направлению вверх является вообще характерной чертой развития всей многолетней флоры болотной эпохи и осуществляется, кроме того способа, который мы сейчас видели у деревянистых представителей ее флоры, также обладанием корневищ, растущих в крутом направлении кверху, или способностью растений образовывать кочки путем вертикального развития новых побегов, узлы кущения которых всегда закладываются выше поверхности почвы, не содержащей в достаточном количестве необходимого для узла кущения кислорода: опасность же высыхания узла кущения устраняется тесным расположением вертикальных побегов, взаимно защищающих друг друга от высыхания, препятствующих слишком обильному обмену воздуха между побегами.

В таком составе первый осоковый период болотной эпохи развивается, давая место периодическому преобладанию то деревянистой, то травянистой растительности.

Причина этой смены преобладания представителей двух растительных формаций, имеющей, на первый взгляд, характер борьбы за существование, на самом же деле несущей много признаков симбиотического сожительства двух групп растений, лежит в различной степени выражения способности этих двух групп растений к количественному использованию свойства питательных сред.

Преобладающая в первое время травянистая растительность, благодаря своей простой корневой системе, не в состоянии с значительной степенью полноты использовать зольные элементы и азот среды. Эту задачу возможно полного исчерпания среды исполняет деревянистая растительность со своими длинными корнями, развивающимися много лет подряд и беспрерывно возобновляющимися сверху по мере погребения стеблей нарастающим торфом.

Но, перенося зольные элементы своего питания в дневные горизонты, последняя группа растительности переводит их в

состояние минеральных соединений, так как мертвые остатки ее могут разлагаться лишь грибным аэробным процессом. Поэтому без посредничества весенних эфемеров степной растительной формации, быстро переводящих ценные элементы золы в состояние органического вещества, и без помощи растений луговой формации, окончательно закрепляющих и завершающих этот процесс, деятельность деревянистых растений привела бы к абсолютной потере зольных элементов, которые неминуемо были бы смыты весенними водами с поверхности болота, на которой они накопляются, благодаря деятельности деревянистой растительной формации.

Вследствие неизбежного накопления воды атмосферных осадков в нарастающей органической массе мертвых остатков растений луговой растительной формации, накопления, являющегося следствием чрезвычайной влагоемкости мертвого органического вещества, условия анаэробиозиса, начавшие развиваться вместе с началом развития этой группы травянистых растений и прогрессивно развивающиеся под влиянием воздействия этих растений на обитаемую ими среду, доходят до полного беспросветного господства, останавливающего разложение не только остатков луговой флоры, но и мертвого органического вещества, отлагаемого представителями степной растительности, и даже отмирающие органы деревянистых растений, погребаемые мертвым органическим веществом, сохраняются без разложения.

Таким образом, рост мощности отложений органического вещества достигает апогея своей интенсивности и, несмотря на чрезвычайную степень приспособленности корневой системы деревянистых обитателей болота, она не в состоянии полностью исчерпать всего содержания зольных элементов и азота. Вероятно, с удлинением расстояния от конечных разветвлений корней до надземных дыхательных органов растений доставка кислорода к корневым окончаниям претерпевает все возрастающее затруднение, и грибы, развивающиеся в виде микоризы на корнях деревянистых обитателей болота, принуждены со-

кратить свою жизнедеятельность до полного ее затухания. Это предположение находит себе подтверждение и в том, что на верхних частях погребенных стеблей развиваются все новые этажи корней, которые будут перехватывать притекающий по тканям стеблей кислород.

Другая причина, долженствующая повлиять подавляющим образом на жизнедеятельность микоризы, лежит в накоплении отброса ее жизнедеятельности — креновой кислоты, которая в условиях массы органического вещества, переполненного застойной водой, и в условиях окружающего анаэробиозиса не может ни усредниться, ни выщелочиться и должна в непродолжительном времени накопиться в количествах, токсически влияющих на организмы, ее выделившие.

В этой неполноте исчерпания запаса зольных элементов и азота из массы органического вещества болота и заключается причина дальнейшей смены флоры сообществ травяного и осокового болота.

Очевидно, что вследствие неполноты исчерпания корневой системой флоры болота золы и азота торфа всякий новый слой ежегодно отлагающегося органического вещества должен неминуемо быть беднее абсолютным содержанием элементов зольного питания растений и связанного азота, чем всякий предыдущий, глубже лежащий горизонт, и в прямой зависимости от этого явления и от ограниченности глубины возможного развития корней в массе болота зольное и азотное питание всякого нового поколения растений должно быть поставлено во все более прогрессивно ухудшающиеся условия.

Создавшиеся путем медленного и постепенного накопления новые условия среды, в которых развиваются растительные сообщества, под влиянием которых создались эти новые условия. чрезвычайно резко отличаются от тех, при которых началось развитие деревянистой и луговой травянистой флоры растительных сообществ болота.

Огромная масса мертвого органического вещества, скопив-

шаяся на поверхности рухляковой материнской породы, должна была прежде всего повлиять на характер водного режима страны. Благодаря своей огромной влагоемкости, вся толща органического вещества задерживает в себе количество воды, в несколько раз превышающее вес и объем самого органического вещества, и вся масса этой воды находится в состоянии полной неподвижности.

Рядом с чрезвычайной влагоемкостью масса мертвого органического вещества обладает и максимальным природным выражением величины мертвого запаса воды, т. е. того количества воды, которое ни при каких условиях не может быть отнято у нее корнями растительности.

Эти два свойства определяют собою все особенности водного режима болотной почвы. В массе такой почвы создается большой запас воды, пропитывающей ее полностью и создающей, вследствие своей неподвижности, условия абсолютного анаэробиозиса. Из этого запаса лишь ничтожное количество, едва ли измеримое, может проникнуть в подстилающую минеральную рухляковую породу, и питание грунтовых вод достигает своего минимального выражения, существование горизонта грунтовой воды поддерживается, как мы увидим далее, лишь незначительным поступлением воды из тех областей территории, где процесс *заболачивания* не достиг еще своего крайнего выражения. Режим почвенных вод также претерпевает значительное изменение; масса почвы пропитана неподвижной водой и не в состоянии вместить нового ее количества, притекающего из атмосферы, почему все последнее количество принуждено скатываться по уклонам поверхности почвы. Горизонт почвенных вод сливается с горизонтом делювиальных вод, и питание рек переходит в почти полную зависимость от существования и длительности поверхностных делювиальных потоков. Последние встречают, однако, чрезвычайное препятствие для быстроты своего сбега по поверхности почвы вследствие колоссального механического сопротивления, которое им противопоставляется

в виде достигающих своего наибольшего выражения неровностей микрорельефа поверхности почвы. Последняя представляет сплошную массу кочек, разделенных друг от друга пониженными бессточными пространствами, дно которых лежит на разных высотах и которые заполнены как живыми растениями, так и остатками отмерших листьев и стеблей травянистых и деревянистых представителей болотной флоры.

Величина поверхностного механического сопротивления стоку воды с болота настолько велика, что вода с поверхности его не успевает стекать в периоды времени от дождя до дождя, и в промежутках между кочками в течение почти всего вегетативного [вегетационного] периода сохраняется капельно-жидкая вода, и лишь после исключительных засух болото освобождается от поверхностной воды. По той же причине и режим рек, несмотря на его зависимость почти исключительно от делювиальных вод, приобретает характерный для заболоченных областей чрезвычайно медленный темп колебаний. Выпадение атмосферных осадков лишь долгое время спустя отражается на поднятии уровня воды в реках, и это поднятие нарастает очень медленно, высокий уровень воды держится долго, и спад воды происходит также весьма медленно и постепенно. В результате реки болотистых областей многоводны, и в них почти незаметны колебания уровня.

Величина выражения механического сопротивления сбегу поверхностных вод влияет и на то, что, несмотря на преобладание делювиальных вод, эрозионная деятельность их совершенно не выражена. В этом случае, кроме медленности движения воды, в сильнейшей степени влияет еще и то, что вся поверхность болота представляет сплошную сеть живых упругих корней и корневищ болотной флоры.

Но очевидно, что раз водный режим заболоченной области исчерпывается почти исключительно поверхностным током воды, он должен внести и коренные изменения в питательный режим заболоченных почв.

Вся самостоятельная деятельность микробиологических элементов на такой почве должна неминуемо перенестись в самые поверхностные горизонты мертвого органического вещества, еще не успевшего уплотниться и слиться с основной массой торфяной почвы, в которой, вследствие накопления ульминовой и креновой кислот, всякое проявление жизнедеятельности микроорганизмов почвы погашено.

Общую схему борьбы живых элементов природы за зольную и азотную пищу в обстановке торфяной почвы осокового болота можно представить себе такой. Корни симбиотрофно питающихся растений могут проявлять свою деятельность только в верхних горизонтах такой почвы, еще не отравленных скоплением ульминовой и креновой кислот. Усвоенные ими зольные элементы пищи растений и азот переносятся в надземные части растений, и беспрерывно или периодически отмирающие вегетативные органы последних, ложась рыхлым слоем на поверхность болота, подвергаются во влажной атмосфере не успевшего еще уплотниться верхнего горизонта мертвого органического вещества аэробному бактериальному или грибному процессу разложения. Продукты этого разложения каждым дождем, каждой росой выщелачиваются вместе с креновой кислотой, получающейся при грибном разложении, в поверхностные воды болота и вместе с ними стремятся, хотя медленно, но неуклонно, стечь по поверхности болота. Эти соединения зольных элементов и азота лишь в очень незначительной мере могут быть усвоены обычной растительностью болота, так как преобладающая часть корней ее располагается в массе почвы болота, пропитанной водой, куда выщелачиваемые вещества проникают лишь весьма несовершенным образом исключительно осмотическим путем. Правда, мы видим, что вся нижняя поверхность болотных кочек и вся дневная поверхность промежутков между кочками оплетена сплошной сетью тонких корневых разветвлений, но эта сеть омывается лишь периферической частью тока поверхностной воды; переме-

шивание же слоев может происходить весьма несовершенно, так как поверхность воды защищена от действия ветра пологом растительности болота и массой мертвых остатков ее, и движение воды по поверхности болота совершается очень медленно.

Очевидно, что при создавшихся условиях открывается широкая возможность потери соединений зольных элементов и азота путем непосредственного стекания с поверхности болота.

Но в природе эти свободные минеральные соединения азота и зольных элементов служат прочным основанием для появления новых членов сообщества болотных растений — мхов, которые вследствие своих биологических особенностей, резко отличных от свойств всех предыдущих групп растений, могли бы быть выделены в особую растительную формацию.

Мхи в биологическом отношении резко отличаются от всех других зеленых растений, стоящих выше их по организации, тем, что способность усвоения элементов зольной пищи минеральных соединений азота присуща всем их органам — всей листовой поверхности и поверхности стеблей, и в связи с этой особенностью у мхов совершенно отсутствует корневая система, и органы их, напоминающие по своему строению корневые волоски — ризоиды мхов, совсем не несут функций корневых волосков, а служат лишь иногда для прикрепления к субстрату, большей же частью — в болотных мхах — для скрепления всех параллельно развивающихся растений в густой войлок, через который, как через фильтр, неминуемо должны пройти выпадающие атмосферные осадки. При этом проникновении через густую сеть переплетающихся стеблей, ветвей, листьев и ризоидов мхов ток воды должен претерпеть крайнее замедление быстроты своего движения вследствие противостоящих ему механических препятствий. Во время этого медленного тока сбегающей по болоту воды она омывает сложнейшее сплетение живых органов мхов, и все содержащиеся в воде растворенные соединения зольных элементов и азота поглощаются обнаженными живыми клетками мхов.

Сосудистой системы у мхов, даже наиболее сложно организованных, в сущности нет, ибо считать ту комбинацию клеточных элементов, которую обыкновенно принято называть зачатками сосудистой системы, за таковую можно лишь с большой осторожностью, и в большинстве случаев мы видим, что зачатки сосудистых пучков листьев совсем не соединяются с такими же пучками ветвей и стеблей, а большей частью как бы выклиниваются в поверхностных слоях ткани стеблей; скорее роль этих водоносных пучков чисто механическая для поддержания известного, необходимого для правильного функционирования всей сети моховых растений, тургора отдельных органов мхов. В тех же пучках соединяются и механические ткани мхов.

Мхи, играющие роль членов сообществ болотных растений, все принадлежат к растениям многолетним, развивающимся в течение десятков лет, причем нижняя часть растений отмирает, верхняя же продолжает вегетировать, и отдельные ветви становятся вполне самостоятельными, лишь механически соединенными с материнским растением нижними частями уже мертвых стеблей.

Таким образом, мхи совершенно не имеют самостоятельной питательной связи с тем субстратом — почвой, на которой они растут, и в связи со всем предыдущим у мхов во всех вегетативных органах совсем не развита транспирационная система. В них совершенно отсутствует восходящий ток жидкостей, и поэтому устьица на вегетативных органах отсутствуют, и лишь в тех частях, где требуется усиленный приток пластических материалов — на оболочках, покрывающих органы полового размножения мхов, мы встречаем устьица, которые в связи с зачаточной сосудистой системой и исполняют задачу увеличения притока питательных веществ, необходимых для усиленной деятельности клеток этих органов.

Очевидно, что при таких особенностях строения и питания болотные мхи совершенно лишены возможности самостоятельного существования на каком бы то ни было субстрате. Их суще-

ствование возможно только в комплексном симбиотическом сожительстве с представителями других растительных формаций — деревянистыми или травянистыми растениями. В этом сообществе группа последних растений исчерпывает обитаемый ими субстрат, состоящий частью из отмерших оснований тех же мхов, частью из мертвых органических остатков деревянистых и травянистых сосудистых растений постольку, поскольку это допускается условиями, разобранными выше, и переносит элементы золы и соединения азота в поверхностный горизонт почвы болота в форме своих отмерших органов. В поверхностном горизонте болота опадающие органические остатки высших сосудистых растений встречают наилучшие условия для аэробного разложения, так как они отлагаются на рыхлой упругой массе мхов, хорошо задерживающих воду, и вместе с тем легко проницаемых для воздуха. Беспрерывный рост мха не допускает плотного слегания опадающих на него органических остатков, которые как бы фиксируются в занятом ими положении обрастающим их мхом и его ризоидами, и новые остатки принуждены ложиться рыхло на новые молодые ветви и листья мхов. В таком положении мертвые органические остатки, накопляющиеся на поверхности мха, могут разлагаться в идеальной аэробной обстановке, пригодной в одинаковой мере как для грибов, так и для бактерий, ибо всякий дождь и всякая роса будут вымывать креновую кислоту, и субстрат не может приобрести устойчивой кислой реакции; бактериальное же разложение травянистых остатков необходимо, иначе азотное питание мхов будет поставлено в условия невозможности своего осуществления.

Кроме уже описанного способа зольного и азотного питания мхов путем непосредственного усвоения всей поверхностью всех их органов продуктов аэробного разложения мертвых остатков сосудистых растений, обитающих на болоте, одновременно с мхами, среди последних находит себе осуществление и микотрофный тип питания в форме сожительства мхов с мицелием грибов.

Кроме мхов, постоянным членом болотных растительных сообществ являются и водоросли, которые, подобно мхам, принадлежат к группе растений, не связанных в отношении своего питания непосредственно с твердым субстратом, на котором они находят место для своего развития. Водоросли встречаются или независимо от других живых биологических элементов болота, прямо на поверхности мертвого органического субстрата болотной почвы, или свободно развиваются в воде, покрывающей поверхность болота, или же они приурочены к поверхности и полостям других растений, особенно часто к мхам, из которых многие имеют, как постоянных спутников, определенные виды водорослей. В последнем случае причиной постоянства такого совместного нахождения, повидимому, надо считать условия обеспечения существования водорослей устойчивым количеством воды, содержащей в растворе продукты аэробного разложения органического вещества, как следует, повидимому, объяснить и постоянное присутствие определенных водорослей на основаниях уже мертвых листовых влагалищ многих осок и злаков.

В еще большей степени, чем у мхов, проявляется у водорослей микотрофный тип питания, находящий себе яркое выражение в форме существования большого числа лишайников, которые, начиная с осокового болотного периода, являются уже постоянными членами болотных растительных сообществ.

Мертвые органические остатки мхов могут, повидимому, разлагаться исключительно под влиянием грибов; за это говорит присутствие в органическом веществе мхов дубильных веществ и устойчивая кислая реакция органического вещества их. Поэтому отмирающие основания мхов, попадающие сразу в условия абсолютного анаэробиозиса, просто консервируются, и поскольку они не затрагиваются деятельностью микотрофной корневой системы других обитателей болота, эти остатки сохраняются в настолько совершенном неразрушенном состоянии, что нежнейшие листочки их, состоящие из одного ряда клеток, сохраняются со всеми деталями своего строения, так что позво-

ляют по ним определять виды мхов даже после слишком тысячелетнего их пребывания в массе болота.

* * *

Болотная эпоха страны достаточно ясно подразделяется на три периода. Первые два — осоково-болотный и зелено-моховой — представляют как бы периоды прогрессивного развития этой эпохи, зато третий период — сфагновый — носит в себе все признаки регресса. Смысл этих признаков регрессивного развития заключается в том, что в представителях всех растительных формаций, принимающих участие в сообществах этого периода, все те свойства, которые обусловливают возможность их существования в рассматриваемой группе сообществ, доходят до крайних степеней своего выражения, и все растения каждой природной группы приобретают черты крайнего выражения специализации — приспособления к крайней степени выражения свойств среды, развившихся под влиянием воздействия групп растительных организмов того же порядка.

Группа зеленых мхов сменяется сфагнами — мхами, совершенно лишенными всяких следов сосудистой системы и совершенно не имеющими ризоидов, состоящими из стеблей с зачатками дифференциации на ткани и листьев, состоящих сплошь из одного ряда клеток без многоклетной серединной жилки. Взаимная связь между единичными растениями поддерживается исключительно при посредстве боковых веточек, взаимно переплетающихся в густой, хотя и рыхлый, войлок. Вся масса густооблиственных стеблей и веток представляет сложную систему волосных пластинок, которая, благодаря образующимся между ее элементами менискам, представляет значительное препятствие для движения воды атмосферных осадков сверху вниз

Чрезвычайной специализации достигают все клетки сфагнов. Они резко распадаются на две группы — ассимилирующих клеток, представляющих как бы редкую сеть, каждая нить

которой — клетка — окружена с противоположных сторон во много раз бо́льшими, мертвыми клетками [вторая группа] с кольчатыми или спиральными утолщениями и с несколькими крупными порами или широкими отверстиями в стенках. Эти клетки лишены протоплазмы и в обычное время наполнены воздухом, благодаря чему сфагновые мхи в обычном, несмоченном состоянии всегда представляются серебристыми или матовыми. Часто на стеблях сфагнов эти клетки приобретают форму реторты или колбы с согнутой шейкой, которая своим открытым концом далеко выдается поверх общего уровня клеточных стенок периферии стебля.

Роль этих мертвых клеток двоякая — они исполняют функцию механической ткани, поддерживая, благодаря своим спиральным утолщенным ребрам, всю сеть ассимилирующих клеток в состоянии постоянного натяжения, и, во-вторых, они же играют роль тончайше распределенной волосной сети.

Всякое малейшее количество атмосферных осадков, смочившее поверхность торфяного болота, будет немедленно же поглощено волосными отверстиями этих клеток, и так как другая часть тех же первых порций атмосферных осадков будет задержана в форме волосных менисков листочками и ниспадающими ветвями торфяного мха, то все ассимилирующие клетки окажутся со всех сторон окруженными слоем воды первых порций атмосферных осадков. Ясно, что эти первые порции дождя или росы будут заключать в растворе все продукты аэробного распада мертвых остатков микотрофной деревянистой и травянистой флоры болота в наибольшей концентрации, и после задержания этих первых порций осадков остальная масса их может содержать лишь самое ничтожное количество соединений зольных элементов пищи растений и азота, и прохождение этих последующих порций воды более быстрым током по неволосным промежуткам между отдельными растениями мха не может повлечь за собою значительных потерь ценных элементов золы или минеральных соединений азота, тем более, что в погоне за

этими остатками раскинуто густое сплетение уснащенных корнями корневищ автотрофно питающихся травянистых растений, преимущественно осок и ситников, а также злаков, поражающих резким несоответствием скудных былинок надземных органов с широко раскинутой сетью их длинных корневищ.

Но даже такой высоко совершенный аппарат для улавливания малейших количеств золы и связанного азота, аппарат, который, удерживая на некоторое время раствор этих соединений вокруг ассимилирующих клеток, позволяет последним использовать эти вещества до малейших следов (настолько совершенный, что дождевая вода, выжатая из торфяного мха через полчаса после начала дождя, не дает следов помутнения с такими чувствительными реактивами, как хлористый барий, азотносеребряная соль и неслеров реактив, хотя вода того же дождя, выжатая из того же мха через несколько минут после начала дождя, дает сильную реакцию с теми же реактивами, особенно если дождю предшествовал длительный период сухой погоды), даже такое приспособление оказывается с течением времени развития болота недостаточным для удовлетворения потребности флоры мохового болота в элементах золы и в азоте.

Недостаток зольного и азотного питания всех членов сообщества сфагнового болота находит себе яркое выражение в появлении нового члена этих сообществ — насекомоядных растений, которые основывают свое зольное и азотное питание на элементах, получающих свои зольные и азотные составные соединения из источников, лежащих вне торфяного болота.

Весьма вероятно, что особенность торфяного мха, заключающаяся в том, что все живые клетки его содержат протеолитическую энзиму, находится в причинной зависимости с этим ярким недостатком в элементах азотного и зольного питания. Надо думать, что сфагнум надлежит отнести к группе автосапрофитов, причем все критически необходимые элементы действием энзимы освобождаются из формы нерастворимых органических веществ в отмирающих элементах оснований этих растений и

осмотическим путем передаются в верхние — вегетирующие — части того же растения. Только таким путем можно объяснить огромную разницу в содержании золы и азота в верхней живой части моховых растений по сравнению с непосредственно ниже ее лежащими мертвыми частями тех же растений. Правда, в полостях мертвых клеток сфагнума всегда находятся мертвые, прилипшие к стенкам клеток микроскопические рачки и другие животные, но вряд ли можно допустить предположение, что сфагнум принадлежит к группе плотоядных растений. Мертвые рачки прилипают к стенкам мертвых клеток не только в местах их соприкосновения с живыми ассимилирующими клетками, но и в других участках мертвых клеточных стенок, неспособных уже к выделению каких-либо энзим.

Другие члены сообществ сфагнового болота также обладают крайними степенями выражения развития своих органов, усвояющих зольную пищу. Мы уже упоминали о резком несоответствии в развитии надземных органов автотрофно питающихся травянистых растений этих сообществ по сравнению с их длиннейшими корневищами, разносящими сеть их корней по массе торфа.

То же несоответствие наблюдается и в развитии группы как травянистых, так и деревянистых представителей микотрофно питающейся флоры мохового сфагнового болота: те же длиннейшие корневища или надземные ползучие побеги, измеряемые метрами в длину и несущие ничтожные, едва облиственные и скудно плодоносящие побеги.

Деревянистые растения, не образующие корневищ, не развивают стержневого корня, хотя у представителей того же вида, растущих на минеральных почвах, как мы это видим у сосны, стержневой корень представляет характерный признак. Мало того, боковые корни этих растений отличаются отрицательным геотропизмом и растут, загибаясь концами вверх и оставаясь поэтому все время своего развития в верхних горизонтах болота, наиболее богатых зольными элементами питания растений и азотом.

Таковы главные особенности специальных приспособлений, вынуждаемых условиями среды, у растений сообществ моховых болот.

Общий характер развития во времени растительных сообществ сфагнового болота заключается в периодической смене преобладания различных групп членов их. Сначала господствует сфагнум, который, несмотря на совершенства своих приспособлений к использованию элементов обитаемой им среды и принуждаемый к быстрому росту развитием других членов того же сообщества растений сфагнового болота, не успевает в достаточной мере исчерпать отлагаемую им мертвую массу органического вещества и принужден прогрессивно из года в год уменьшать быстроту своего развития вследствие исчерпания питательных элементов, равномерно распределенных по всей массе отложенного мохового торфа.

Этой задержкой в развитии сфагнума пользуются микотрофные представители травянистой и мелкой деревянистой кустарниковой и полукустарниковой флоры болота, и начинается период преобладания в сообществе растений сфагнового болота микотрофной травянистой растительности, ягодных полукустарников и вересковых, которые своей обширно раскинутой корневой системой при помощи микоризы вновь собирают рассеянные по толще торфа элементы зольного питания растений и азот и постепенно переносят их вновь в верхние горизонты. Той же задержкой в развитии торфяного мха пользуются и травянистые растения автотрофного типа питания, и на основе аэробного разложения мертвых остатков микотрофной флоры мохового болота развивается несколько их поколений, представленных сильно развитыми растениями.

Но в результате такой вспышки развития упомянутых растений поверхностные горизонты торфа вновь обогащаются собранными из глубже лежащих его слоев элементами золы и азотом, и по мере усиления мощности развития этой флоры возрастает и приток органических остатков ее к поверхности болота.

Обособляется прослойка торфа, более богатого элементами золы и азотом, и угнетенный сфагнум вновь получает необходимый для его развития приток достаточного количества питательных веществ, и вновь резко меняется состав болотного растительного сообщества в смысле наступления нового периода преобладания в нем сфагнума, который погребает собою тонкую прослойку торфа с преобладанием травянистых органических остатков, резко бросающуюся в глаза на разрезе болота своим темным цветом. Этот цвет обязан своим происхождением гуминовой кислоте — неизменному спутнику бактериального аэробного разложения травянистых органических остатков.

Долгие годы тянется такая смена сравнительно коротких периодов преобладания то мохового покрова, то покрова травянистой флоры болота, и в обоих типах сообществ более или менее равномерно вкраплены представители микотрофных кустарников и полукустарников. Но после этого долгого периода смены помянутых сообществ, оставляющих неизгладимый след в толще торфа в виде многочисленных прослоек темного осокового или пушицевого торфа и светлого мохового торфа, наступает, наконец, период ослабления обеих групп сообществ.

Корневая система микотрофной травянистой и мелкой деревянистой флоры болота недостаточно широко раскинута, чтобы с необходимой степенью детальности исчерпать питательные вещества отлагающегося торфа. Наступает период преобладания на поверхности болота крупной микотрофной древесной растительности в виде болотной сосны и иногда болотной березы (Betula humilis Schrank). Эти растения располагаются на болоте в виде очень изреженного покрова и обладают могуче развитой в ширину корневой системой, которая вместе с тем проникает и глубже корней предшествовавшей флоры и в состоянии собрать рассеянные в толще торфа зольные элементы и азот в количествах, необходимых для их развития.

Вместе с развитием соснового периода мохового болота прогрессирует и неизбежно сопутствующий развитию всякой дре-

весной флоры процесс обогащения верхних горизонтов почвы элементами золы и азотом за счет более глубоко лежащих слоев торфа. Это обогащение вызывает и неизбежное улучшение условий питания автотрофной травянистой растительности и накопление прослойки темного осокового торфа уже значительной мощности, и на этой вновь обогащенной золой и азотом почве вновь начинается роскошное развитие сфагнума, который скоро перерастает корневые шейки деревьев, причиняя этим гибель последних, погребает их падающие от ветра стволы своей массой, и от соснового леса по моховому болоту остается в толще торфа лишь горизонт сосновых пней, окруженных темным осоковым торфом и погребенных мощным слоем светлого мохового торфа.

Начинается новая смена преобладания различных членов сообщества мохового болота в том же порядке, как и прежде, вплоть до нового появления периода преобладания сосны и отложения нового горизонта сосновых пней.

Но как ни малы количества элементов золы и азота, остающиеся неисчерпанными в массе торфа, уже недоступной достижению корней, они все-таки влияют на постепенное абсолютное обеднение ими поверхностных горизонтов торфа, и все скуднее становится развитие флоры мохового болота, и несмотря на появление насекомоядных растений, биологический покров мохового болота становится все реже, и в нем начинают преобладать такие члены сообщества, которые ранее играли лишь весьма подчиненное значение. Наступает период преобладания водорослей и лишайников, которые, благодаря ничтожной величине ежегодного прироста каждого отдельного индивидуума, еще могут находить достаточно удовлетворительные условия питания на почти стерильной поверхности болота. Наступает период почернения мохового болота, ибо из под изреженного покрова лишайников — преимущественно Ochrolechia tartarea — проглядывает темная поверхность мертвой торфяной массы.

Совершенно ясно, что те изменения в растительном покрове области, которыми неминуемо должна закончиться эпоха

господства болотных растительных сообществ, не может не отразиться на изменении и других свойств страны.

Прежде всего исчезновение лесной растительности в массе неминуемо должно повлечь за собою соответствующие изменения климата. Расположение снегового покрова должно измениться под влиянием ничем не сдерживаемого зимнего ветра. Весеннее таяние снега в отсутствие умеряющего влияния леса также должно приобрести значительно большую скорость. Наступят дружные весны с обильными снеговыми водами. Пока был цел мощно развитый биологический покров болота, быстрота стока снеговых вод значительно умерялась его механическим сопротивлением, и водный режим рек имел ровный характер. Но после замены сложного растительного покрова болота тонкой оболочкой водорослей и лишайников, между которыми большими пятнами обнажается мертвый торф, препятствий для стока весенней воды уже нет, и вода дружно, бурными потоками устремляется в реки, обусловливая их огромные весенние разливы, после которых уровень воды быстро падает, часто до полного пересыхания небольших речек. Всякий сильный дождь вызывает также сильное поднятие уровня воды в реках, и также быстро вода их спадает.

Прежнее медленное стекание воды с поверхности почвы не могло влиять сколько-нибудь заметно размывающим образом на элементы рельефа страны, теперь же бурные весенние потоки должны начать размывать и рвать мягкую торфяную массу, которая в низких местах рельефа зимой не промерзает под защитой нанесенных в низинах толщ снега.

Появившиеся промоины и овраги сначала ограничиваются лишь горизонтом торфа, но с каждым годом развитие их в ширину и в глубину прогрессирует большими шагами. Стенки торфяных промоин и дно их после сбега весенней воды быстро высыхают; при этом сильно сокращается объем торфяной массы; она разрыхляется, отслаивается горизонтальными слоями с поверхности и пронизывается глубокими зияющими трещина-

ми, параллельными направлению промоин и оврагов. Каждый летний дождь сносит массу разрыхленного материала и обнажает новые массы торфа для нового высыхания и разрыхления. Весенняя вода уносит весь материал, разрыхленный летней засухой, и таким образом скоро обнажается материнская обломочная порода, и размыв страны неудержимо продолжается дальше.

Биологические элементы природы не могут противопоставить своего влияния разрушительной деятельности геологических свойств воды. Масса накопленного прежними бесчисленными поколениями растений органического вещества с богатейшим запасом зольных элементов и азота в течение веков сохранялась в анаэробной обстановке, и минеральные соединения серы и железа перешли в формы восстановленных соединений — вся масса перегноя и торфа равномерно пронизана сернистым железом. Начинается размыв и разрыхление всей массы торфа, и по мере хода этого последнего процесса происходит окисление сернистого железа с образованием ядовитых для растений серной кислоты и сернокислой закиси железа, и едва летние и осенние дожди успеют вымыть накопившиеся в почве яды, как весенние воды унесут всю оздоровленную таким путем рыхлую массу в русла рек.

Таким образом, неизбежно должна наступить вслед за эпохой развития болота эпоха резко выраженного преобладания денудационной геологической деятельности воды при сравнительно сильно угнетенной деятельности биологических элементов.

По мере того, как прогрессировал размыв страны и связанное с ним расчленение рельефа ее, должна была одновременно прогрессировать под влиянием этих процессов и осушка массы торфа, отложенного деятельностью болотной растительности. Верхние бесплодные массы органического вещества торфа сносились первыми [процессами размыва], и вновь обнажались и выступали на дневную поверхность массы глубже лежащего, богатого золой и азотом, органического вещества.

К этому времени размыв страны уже должен был утратить свой быстрый темп. Главная масса легко размываемого органического вещества уже была снесена и покоилась на дне прибрежных областей моря, отравляя в замкнутых бассейнах мелкого моря воду выделяющимся при анаэробном разложении органического вещества сероводородом. Рельеф страны, благодаря наносу и навеванию мощных делювиальных и элювиальных отложений в отрицательных его элементах и сносу и развеванию положительных, начал приобретать более покойный характер. Более высокие водоразделы были прорезаны, глубокие котловины были завеены и занесены делювием, водораздельные плато расчленены, многие долины, бывшие ранее речными поймами, обратились в суходолы.

С одновременным установлением нового почти безлесного ландшафта водный режим страны приобрел более порывистый характер с многоснежной зимой, многоводной весной и сухим летом.

Ясно, что деятельность биологических элементов природы во все время этой эпохи эрозии страны не прерывалась. По мере размыва торфяных масс и обнажения более глубоких, более богатых элементами золы и азотом горизонтов торфа растительность стремилась вновь занять эти обнажения, равно как и делювиальные отложения органической массы беспрерывно стремились быть занятыми растительностью.

Характер растительных сообществ, стремящихся занять новые обнажения и отложения органической массы, скоплявшиеся на склонах, в долинах — суходолах и на речных поймах, не оставляет сомнения. Ясно, что медленно развивающаяся древесная растительность не могла выдержать соперничества травянистой флоры, в распоряжении которой имелся богатейший запас зольной и азотной пищи в форме органического вещества, подвергающегося быстрому аэробному разложению на местах своего нового рыхлого отложения или в хорошо дренированных остатках старого залегания, также разрыхленных процессом высыхания.

Масса органического вещества, оставшегося на месте своего первоначального залегания, равно как и перенесенного на новые места своего делювиального отложения, должна была претерпеть приблизительно одинаковые изменения при новых создавшихся условиях. Под влиянием высыхания, как мы уже упоминали выше, масса торфа должна была оказаться разорванной системой взаимно пересекающихся трещин на отдельности, которые по мере своего высыхания должны были сильно сократиться в объеме, обусловливая этим легкость проветривания и промачивания своих отложений.

Это последнее свойство — легкость проникновения воды в массу почвы в сухое летнее время, когда вода атмосферных осадков — преимущественно ливней — быстро устремляется по неволосным промежуткам почвы, не успевая промочить поверхностные комки вследствие чрезвычайной медленности волосной передачи воды по самой массе высохшего перегноя, должна была повлиять на сильное ослабление летней денудационной работы воды, и эта ее деятельность могла проявиться лишь весной, когда комки почвы, смоченные осенними затяжными дождями, увеличивались в объеме, и все количество их сливалось в сплошную волосную массу. По этой причине все количество весенней воды скапливалось исключительно на поверхности почвы независимо от того, в замерзшем или оттаявшем состоянии почва встречала весну, и скопившаяся вода неминуемо стекала по уклону рельефа. Весенняя вода приобретала резко выраженные свойства эфемерности.

Масса комков, на которые рассыпалась торфяная почва после своего дренирования и отложения в виде делювиальных наносов при вышеописанных условиях своего залегания, должна была летом подвергаться бурному аэробному разложению, которое осенью и весной сменялось противоположными условиями полного анаэробиозиса, вследствие набухания комков и сплошного замыкания неволосных промежутков между ними. Таким образом, все количество гуминовой кислоты,

накопившееся в конце летнего периода разложения, попадая в условия анаэробиозиса, сохранялось до зимы, когда оно вместе с ульминовой кислотой, накопляющейся под влиянием осеннего анаэробиозиса, переводилось зимними морозами в состояние нерастворимого гумина и ульмина. Таким образом, постепенно росло содержание аморфного перегноя в массе торфа, а вместе с тем росла и неразрывно связанная с накоплением перегноя прочность строения почвы, т. е. способность ее структурных элементов — комков — сопротивляться размывающему действию воды.

Образовавшаяся масса комковатой почвы обладает способностью производить с осени чрезвычайно большой запас воды и сохранять этот запас с большим упорством от всяких трат, помимо испарения растениями. В нижние горизонты рухляковой породы эта вода не может передвинуться вследствие огромной влагоемкости перегнойной почвы; иссушение же почвы вследствие испарения воды из нее в воздух ограничивается лишь одним тонким поверхностным слоем комков, которые после высыхания уменьшаются в объеме и покрывают поверхность почвы рыхлым слоем мертвого изолирующего покрова, защищающего ниже лежащие горизонты почвы от испарения.

Масса рыхлого мертвого структурного органического вещества, склеенная аморфным перегноем в комки и поэтому легко проветриваемая во время сухого периода года, не могла не вызвать обильного поселения в такой почве массы червей и личинок насекомых, питающихся такими мертвыми органическими остатками, и за ними должны были проникнуть в ту же среду роющие и копающие насекомоядные животные. Деятельность этой группы биологических элементов почвы должна была привести к двум ясным результатам — они должны были переработать все количество и старых и новых структурных органических остатков почвы в массу аморфного перегноя и примешивать к этой массе постепенно все новые количества минеральной материнской породы, в которую все эти животные проникали

на зимовку и где они строили свои норы, и вместе с тем своим беспрерывным передвижением в массе почвы они поддерживали рыхлую агрегатную структуру почвы.

Таким образом, из массы торфа болотной эпохи, которая неизбежно должна была прийти к стадии естественного регресса и к отмиранию господствовавшей растительной формации, в силу той же логической неизбежности, являющейся прямым следствием существенных свойств органического вещества, должен был обособиться путем постепенной эволюции тип черноземных почв со всеми их существенными свойствами и признаками.

Есть много оснований предполагать, что очерченный в общих чертах процесс эволюции болотно-торфяного покрова страны в черноземный лугово-степной совершался не в один период времени, и геологическая работа изменения рельефа страны была произведена не в один прием, и что перерыва деятельности биологических элементов не было, по крайней мере одновременного на всей территории страны. Вероятно, что эта денудационная работа воды происходила в течение длительной эпохи, во время которой неустанно шла борьба биологических элементов с геологическими свойствами среды, и несколько раз прежняя растительность оставалась победительницей, чтобы в своем новом дальнейшем развитии повторить тот же процесс. За это говорит неизменное существование нескольких горизонтов погребенных черноземных почв при основании пологих делювиальных склонов, характерных для черноземной области, и существование этих горизонтов не находит себе иного объяснения.

Мы не станем входить здесь в рассмотрение процессов эволюции растительного и почвенного покрова черноземной эпохи, которых нам придется коснуться подробнее в дальнейшем, ограничившись лишь упоминанием, что растительный покров черноземной эпохи так же, как и предыдущих, состоит из представителей всех растительных формаций, но, в отличие

от лугового периода предыдущей эпохи, представители деревянистой растительной формации здесь сильно подчинены как в своем количественном участии, так и в своем качественном выражении представителям травянистых растительных формаций — преимущественно луговой, почему и области, покрытые такой растительностью, носят название луговых степей.

* * *

По мере отступания ледника его влияние на оставленную им территорию естественно должно было выражаться во все более слабеющей степени, и, наоборот, широтные элементы климата, измененные влиянием географического и высотного положения страны, должны были приобретать все возрастающую роль до тех пор, пока в деле определения характера растительного и почвенного покрова страны они не приобрели доминирующего значения, подчеркивая и усиливая влияние элементов процесса эволюции обоих покровов и их последствия.

Вследствие этого, по мере освобождения от влияния ледника, наиболее древние, считая от эпохи освобождения от льда великого оледенения, части области, которые были вместе с тем и наиболее южными, ко времени наступления лугово-степной эпохи уже находятся под исключительным влиянием широтных элементов климата, подчеркиваемого в своем значении влиянием отсутствия лесов.

Все более усиливается повышение температуры летнего периода, все более расширяется его длительность, причем это расширение происходит главным образом за счет сокращения длительности весны и осени.

Вместе с увеличением выражения термических условий вегетационного периода претерпевают значительные изменения и условия увлажнения. Количественное преобладание зимних осадков остается без изменения, но уменьшается количество летних осадков, и, что главное, осадки весны и лета приобретают характер ливней.

Совокупность этих условий вызывает до очевидности ясные последствия. Обусловленная, главным образом, отсутствием больших лесных массивов дружность весны влияет на то, что весенняя вода успевает скатиться до наступления момента оттаивания почвы. Растительный травянистый покров страны не в состоянии оказать серьезного влияния на задержание быстроты стока воды, и, кроме того, поверхностные горизонты почвы весною близки к своему полному насыщению водой и не могут задержать в себе большего нового количества воды при самых благоприятных условиях.

Ток поверхностной весенней воды вызывает вспышку развития эфемерной весенней флоры. Следующее за ней развитие многолетней флоры быстро иссушает почву, и в этих условиях летняя флора может быть представлена только такими растениями, которые успевают закончить свой период развития к середине или концу лета из-за недостатка воды, и мертвые остатки их должны будут разлагаться аэробным путем. Таким образом, к моменту наступления осеннего периода анаэробиозиса все новое количество ежегодно отлагающегося мертвого органического вещества уже подвергнется полному распаду под влиянием аэробного процесса, и накопление нового количества органических остатков при таких условиях неосуществимо.

Но этого мало. И ранее накопленное почвой органическое вещество, как структурное, так и аморфное, должно неминуемо из года в год подвергаться аэробному разложению, без которого неосуществимы зольное и азотное питание растений этой почвы.

Разложение органического вещества должно повлечь за собою разрушение уже бывших в почве структурных ее элементов, распадение их на более мелкие частицы и обособление механических элементов почвы, принимавших участие в образовании ее комков.

После выгорания растительности такой почвы в середине лета остатки разрушенных комков подвергнутся также неминуемо развеиванию степным ветром, который будет сносить

эти мелкие остатки комков и отдельные механические элементы почвы в понижения рельефа страны, и что не успеет сделать ветер, то докончит весенняя вода.

В результате этих процессов получится еще большее выравнение рельефа страны. Ландшафт приобретет типичный характер беспредельной волнистой равнины, сплошь усеянной замкнутыми понижениями — лиманами — и невысокими повышениями.

Ясно, что и почвенный покров страны должен претерпеть изменения при таком процессе выравнивания рельефа. Структурные черноземы пониженных элементов рельефа будут погребены под наносимыми остатками тех же черноземов, сносимых с повышенных элементов рельефа. Все понижения будут, таким образом, заполнены полуструктурными черноземовидными почвами.

Развеивание и снос структурных элементов почвы повышений степи будут быстро прогрессировать до тех пор, пока этот процесс происходит в структурной массе верхних горизонтов почвы. Но как только будут снесены эти горизонты, процесс денудации дойдет местами до реликтов таежного периода — ортштейнового горизонта, который под мощными слоями болот и под сменившими их черноземами сохранился в полной неприкосновенности в условиях постоянной влажности и абсолютного анаэробиозиса.

В глинистых и мелкопылеватых породах этот горизонт дифференцируется в виде равномерно глубокого проникновения в породу аморфных коллоидальных осадков известковой и железной солей апокреновой кислоты и такого же осадка гидрата окиси железа и тончайшего аморфного порошка тех же солей фосфорной кислоты. При выходе этого горизонта на поверхность повышений рельефа, вследствие развеивания покрывавших его слоев почвы, он высыхает, коллоидальная масса его сильно уменьшается в объеме, и, обладая в глинистых породах одновременно большой связностью в сухом состоянии и вязкостью во влажном состоянии, он разрывается широкими трещинами, но дальней-

шее снесение и развеивание породы в значительной мере сокращается.

Благодаря высокому содержанию азота в апокреновой кислоте и богатому содержанию фосфора, освобождающихся в этом горизонте при аэробном разложении апокреновой кислоты цементирующих его апокренатов, на этих светло окрашенных — бурых — рыжих почвах повышений рельефа степи, или, как иногда принято называть почвенную зону в этой стадии эволюции, полупустыни, во влажные годы получаются обильные урожаи природных или разводимых растений, в сухие же годы, вследствие слишком сильной концентрации азотной минеральной пищи, растительность этих почв совершенно выгорает, почему такие почвы, разорванные в сухие годы широкими трещинами на многогранные столбообразные отдельности, носят название структурных, или столбчатых солонцов.

Стадия полупустыни в процессе эволюции растительного и почвенного покрова страны представляет лишь относительно мимолетное явление и далеко не повсеместно представленное, а лишь в тех областях, где рухляковая материнская порода выражена в виде тяжелых глинистых или мелкопылеватых пород.

Ясно, что существование вязкой ортштейновой прослойки может лишь на время удержать процесс дефляции рельефа страны, и процесс разрушения перегноя будет итти неудержимо своим чередом до тех пор, пока он не затухнет сам собою, вследствие полного исчерпания всего запаса органического вещества, накопленного предыдущими эпохами лугово-лесной и болотной.

В конечном результате, после завершения процесса деградации перегнойных почв, получится почвенный покров, лишенный перегноя и органических остатков и структуры. Структурная почва путем эволюции перешла в бесструктурную степную почву, и растительный покров такой почвы также незаметно эволюционирует в степную или пустынную флору.

* * *

Для того, чтобы получить возможно полное представление об участии зольных элементов пищи растений и минеральных соединений азота в процессе смены господства растительных формаций во время основных эпох истории развития растительного и почвенного покрова страны, или, другими словами, чтобы проследить за влиянием возраста страны на распределение зольных элементов питания растений между сушей и морем, мы должны вкратце ознакомиться с влиянием элементов рельефа на распределение растительных сообществ в течение главных эпох развития почвенного покрова страны.

Очевидно, что рельеф местности может оказать влияние на растительный покров страны лишь через посредство своего воздействия на распределение по поверхности территории земных факторов жизни растений.

Хотя влияние рельефа на распределение космических агентов жизни растений и не исключено и выражается в различной степени интенсивности распределения инсоляции по поверхности страны, но это его выражение проявляется лишь в сравнительно небольшой мере, отражаясь исключительно на двух сторонах — на большей или меньшей интенсивности степени развития растительного покрова и на распределении видового состава того же покрова в соответствии с требованиями различных видов растений по отношению к количественному напряжению космических факторов своей жизни.

Разумеется, такое влияние не может не сказаться на конечном результате воздействия биологического покрова страны на эволюцию почвенного покрова той же страны, но оно находит себе резкое выражение лишь в широтах, где приток космических факторов стоит на границе минимальных или максимальных требований растительного организма к напряжению этих факторов, и в широтах, где природный приток космических факторов ближе соответствует оптимальным требованиям растений, оно в значительной мере затушовывается результатами

влияния того же рельефа на распределение земных агентов жизни растений.

Подобное же влияние рельефа на величину количественного притока космических факторов жизни растений отражается на характере растительного покрова также и при посредстве годовых колебаний величины этого притока, но и это влияние также приобретает заметное выражение лишь в то время, когда приток космических агентов по своему количественному выражению близок к минимальным или максимальным пределам требований преобладающей растительности, и замечается лишь ранней весной, поздней осенью и среди лета в течение коротких промежутков времени; в остальное же время вегетативного периода разница напряжений космических агентов на различных по экспозиции элементах рельефа имеет такое относительно небольшое значение, что отмечается лишь с трудом и отражается преимущественно на разнице в видовом составе сообществ.

Влияние рельефа на распределение земных факторов жизни растений, напротив, очень велико.

Элементом, на который рельеф оказывает непосредственное воздействие, является вода, и через ее посредство осуществляется воздействие его на распределение по поверхности территории и элементов зольного и азотного питания растений. Мы уже упоминали выше о тех законах, которым подчиняется распределение почвенной воды по поверхности страны. Они следующие:

1) *Постоянство* присутствия почвенной воды находит минимум своего выражения в наиболее повышенных элементах рельефа и максимум своего выражения в наиболее пониженных элементах рельефа. Согласно этому, присутствие почвенной воды на водоразделах представляет явление временное, скоропреходящее, приуроченное, по большей части, только к раннему весеннему времени. Наоборот, в долинах и в нижних элементах склонов присутствие почвенной воды представляет явление постоянное.

2) *Количество* почвенной воды беспрерывно увеличивается по направлению от водораздела к долине.

3) *Скорость* поступательного по направлению склона движения почвенной воды беспрерывно замедляется в том же направлении от водораздела к долине, и

4) *Глубина* залегания верхнего уровня почвенной воды беспрерывно уменьшается в направлении от водораздела к долине, в которой уровень почвенной воды может совмещаться с дневной поверхностью почвы или даже стоять выше ее, обусловливая покрытие почвы более или менее толстым слоем воды.

Совершенно очевидно, что распределение и движение элементов зольного и азотного питания растений по элементам рельефа должно в общем подчиняться тем же законам, как и распределение почвенной воды, ибо, во-первых, нахождение в почве питательных веществ, необходимых для растений, в состоянии, растворимом в воде, определяется требованиями самих растений; во-вторых, количественное выражение густоты, сомкнутости и непрерывности существования биологического покрова почвы будет находиться в прямой зависимости от степени обеспеченности растений количеством воды и от постоянства ее наличности, и очевидно, что упомянутые качества растительного покрова будут беспрерывно нарастать в своем выражении по направлению от водораздела к долине, и ясно, что параллельно будет расти и количество зольных элементов пищи растений и азота, находящихся в нерастворимом в воде состоянии органического вещества, и, в-третьих, количественное выражение условий аэробного разложения органического вещества в массе почвы будет изменяться в том же направлении, ибо в зернистой или пористой среде вода и воздух являются антагонистами, и очевидно, что условия аэробиозиса будут претерпевать беспрерывный процесс затухания в направлении от водораздела к долине, и в том же направлении будут нарастать условия анаэробиозиса.

Сопоставляя эти зависимости, мы должны придти к тому выводу, что элементы золы растений и минеральные формы связанного азота неизбежно должны подчиняться тем же законам передвижения по элементам рельефа, каким подчиняется и вода, но быстрота передвижения первых должна осуществляться в более замедленном темпе по сравнению с водой, вследствие периодического участия питательных элементов в биологическом круговороте веществ.

Под совокупным влиянием условий обеспеченности водой и питательными веществами и представители различных растительных формаций найдут наилучшие условия для своего количественного преобладания на различных элементах рельефа.

Ясно, что водораздельные элементы с их порывистым водным режимом и склонностью к быстрому выщелачиванию питательных элементов почвы будут мало отвечать требованиям растительности с неглубокими корнями, которые не будут в состоянии обеспечить ее существования ни водой, ни пищей, и поэтому водораздельные элементы рельефа покрываются на долгое время не встречающей первоначально препятствий для своего естественного возобновления древесной растительностью, преимущественно возобновляющейся семенами, а в дальнейшем, по мере исчерпания элементов пищи в поверхностных горизонтах материнской породы, вследствие длительного процесса вымывания по направлению к элементам склонов, господство на водоразделах переходит к древесным породам, возобновляющимся корневой порослью или порослью от корневой шейки, и наиболее стойкой породой является, повидимому, дуб.

Противоположные водоразделам элементы нижних частей склонов и долины представляют наиболее постоянные и устойчивые условия как водного, так и питательного режима и представляют наилучшие условия для развития растений травянистой растительной формации, которая достигает здесь такой степени развития, что совершенно подавляет естественное возобновление деревянистых растений лесных растительных со-

обществ, и вместе с тем условия питания в этой области приводят к преимущественному преобладанию в ней растений микотрофного типа питания, вследствие господства в почве условий анаэробиозиса и нахождения элементов пищи главным образом в состоянии органического вещества. Поэтому и растения степной травянистой формации не находят здесь условий своего процветания, и эта область почти исключительно занята растениями луговой травянистой растительной формации.

Средняя часть рельефа — элементы склонов, занимающие и по расположению, и по свойствам среднее положение между водоразделами и долиной, представляют наилучшие условия для развития степной травянистой растительной формации.

Таким образом, распределяется по элементам рельефа преимущественное преобладание представителей трех природных растительных формаций.

Ясно, что в зависимости от степени прогрессивного или регрессивного развития рельефа страны — от ее расчлененности — будет зависеть степень качественной выравненности растительного ее покрова, и так как почвенный покров представляет функцию растительного покрова, то очевидно, что и большая или меньшая выравненность качеств и характера почвенного покрова является функцией рельефа страны, а так как рельеф, в свою очередь, претерпевает определенный цикл развития в зависимости от возраста страны в том смысле, как мы это установили выше, то понятно, что все упомянутые свойства страны являются функцией ее возраста в смысле удаленности данного времени от конца эпохи великого оледенения.

В связи с вышесказанным мы в начале развития растительного покрова страны во время тундровой эпохи встречаем поразительный по своей однородности растительный покров, и во время начальных периодов таежной эпохи мы также еще встречаем изумительный по однообразию своего количественного и качественного выражения покров древесной растительности. Но уже в конце таежной эпохи, когда рельеф страны находится

в периоде наибольшего проявления своего прогрессивного развития под влиянием природного ослабления биологической деятельности леса и начинающейся смены его луговой растительной формацией, представляющей менее надежную защиту почвы от эрозионной деятельности воды, мы видим идущим рядом с развитием элементов рельефа и прогрессивное развитие пестроты растительного и почвенного покрова, приуроченное в определенных ясных чертах к элементам рельефа.

Своего наибольшего выражения пестрота почвенного покрова достигает в конце болотного периода лесо-луговой эпохи, когда под влиянием явления отмирания биологических элементов болота происходит усиленное расчленение рельефа страны. Различная степень расчлененности рельефа в эту эпоху усиленного прогрессивного развития денудационной деятельности воды неминуемо влияет и на различие во времени достижения одних и тех же стадий развития одноименными элементами рельефа, отличающимися по интенсивности своего выражения, и в конечном результате получится самое пестрое распределение по поверхности территории как разнообразнейших сообществ всех растительных формаций в самых разнообразных стадиях их эволюции, так и различных по степени своего выражения почвенных образований, принадлежащих ко всем почвенным типам в их природной последовательности вплоть до черноземных почв.

После того, как расчленение рельефа страны достигло своего апогея, начинается, как мы уже видели, регрессивное развитие расчлененности страны, и рядом с уменьшением разниц высот положительных и отрицательных элементов рельефа и растительный покров приобретает более однообразный характер. Все более оттесняются к остаткам прежних водораздельных массивов реликты древесной растительности, и все более сокращается область абсолютно луговых земель вследствие усиленного дренажа элементов нижней трети склонов и затухания второстепенных речных долин, и сокращающаяся область все

более оттесняется из естественно дренированного района подошв и нижних элементов склонов в широко развитую пойму оставшихся рек.

По мере хода развития черноземной эпохи страны рельеф ее достигает своего предельного равнинного развития, теряется постепенно граница между поймой и внепойменной областью, и две растительные формации, деревянистая и луговая травянистая, в своем выражении в сообществах с ясным преобладанием их членов сохраняются лишь в виде редких реликтов, и все участие этих формаций в растительном покрове страны ограничивается лишь нахождением их представителей в сообществах, которые по качественному и количественному преобладанию членов третьей растительной формации принадлежат к сообществам степной травянистой растительной формации, которые вместе с упрощением форм рельефа теперь одни составляют весь растительный покров страны.

* * *

Чтобы кончить с анализом условий, в которых протекает на поверхности земли процесс распределения элементов зольного питания растений и минеральных соединений азота между сушей и морем, нужно еще упомянуть о роли животных организмов.

Если деятельность воды, как геологического фактора, сводится к стремлению выщелочить все растворимое из толщ рухлякового покрова суши и сосредоточить все выщелоченное в бассейне океана, если деятельность растительного покрова суши можно характеризовать как стремление закрепить эти же вещества на том месте, где они оказались в распоряжении растительного организма, и если в результате борьбы этих двух противоположных стремлений элементы золы растений все-таки, хотя замедленным темпом, но неуклонно стремятся к бассейну океанов, то деятельность животного мира можно с этой точки зрения характеризовать, как стремление к новому

равномерному распределению элементов золы растений по всей территории суши.

Животные поедают растительные вещества и, пользуясь свободой передвижения по земной поверхности, разносят в форме своих экскрементов и трупов зольные и азотные соединения вновь по территории обитаемой ими области. При этом можно отметить, что преимущественной пищей животных травоядных служат растения или части растений, богатые азотом и элементами золы, и такие растения, в которых содержится ничтожное количество этих веществ, или совсем не поедаются животными, как, например, сфагнум и, повидимому, большинство зеленых мхов, или же поедаются неохотно, как, например, большинство осок и плотнокустовых злаков.

Тот же животный мир стремится и к частичному возвращению элементов золы растений и связанного азота, уже достигших области океана, вновь в область суши; в этом направлении идет деятельность морских плотоядных птиц и животных, которые питаются прибрежным населением воды, и в эту сторону направлена и деятельность человека, извлекающего из моря значительное количество элементов золы и азота и вновь возвращающего их на сушу.

* * *

Из всего предыдущего изложения видно значение растений луговой растительной формации, из которых состоят главным образом луга. На эти растения и их сообщества падает чрезвычайно важная и ответственная роль служить последней и главной преградой на пути зольных элементов пищи растений и минеральных соединений азота, стремящихся в бассейны океанов.

Вторая важная роль этих сообществ, которая, как показывает наблюдение, не может быть исполнена никаким другим растительным сообществом, — это придача поверхностным почвенным горизонтам прочного структурного состояния.

Как только почва в результате природного процесса эволюции своего растительного покрова лишается полога многолетней травянистой растительности луговой формации, так тотчас она приобретает два существенных признака: она становится бесструктурной и соленосной. Это два существенные признака пустыни, и смысл этих признаков, с точки зрения народнохозяйственного их значения, не подлежит никакому сомнению.

Бесструктурность почвы определяет собою эфемерность присутствия в ней воды.

Соленосность почвы определяет собою непосредственное участие зольных элементов пищи растений и минеральных соединений азота в большом геологическом круговороте веществ.

Первый признак есть синоним ничтожных и необеспеченных урожаев.

Второй признак есть синоним прогрессивного абсолютного обеднения страны единственным реальным национальным сокровищем, основой благоденствия и духовной и экономической мощи народа — зольными элементами пищи растений и минеральными формами связанного азота.

Оба эти признака, вместе взятые в своей неизбежной принудительной совокупности, суть синонимы вырождения и смерти народа, который не сумел побороть наступление деградации почв населяемой им страны.

Когда территория страны находится под культурой, все явления процесса прогрессивной деградации почвенного покрова страны приобретают в резкой степени ускоренный темп. Средняя область склонов рельефа, на которой при нормальном ходе эволюции лугово-лесной эпохи члены степной растительной формации лишь проявляют склонность к преобладанию, поскольку последнее допускается наличностью условий, определяющих возможность их существования, при культуре распахивается и насильственно заселяется исключительно растениями, принадлежащими к степной растительной формации, какими являются все наши однолетние культурные растения.

Под пологом этих растений распаханные почвы не только не могут накопить новых запасов органического вещества, но неизбежно в них разрушаются и прежние запасы тех же веществ, и этому процессу не может помешать внесение навоза или иного органического удобрения, ибо это вновь внесенное органическое вещество целиком разрушается в течение не более двух лет.

Разрушение перегноя, определяемое самим процессом питания культурных растений, быстро приводит к двум неизбежным своим последствиям — потере почвой структурных свойств и потере запаса питательных веществ. Под давлением этих двух зол население принуждено прибегать к распашке других частей территории, и естественно, что эта распашка направляется преимущественно в сторону богатых почв нижних элементов склонов и долин и лишь в крайних случаях в направлении к почвам водоразделов. Эти почвы осушаются от избытка воды, и луговая флора их заменяется хлебными растениями.

С этого момента начинается уже период абсолютного обеднения страны. До того элементы золы растений и минеральные соединения азота, теряемые полями культурных растений, перехватывались луговой флорой долин и оснований склонов и переводились в состояние органического вещества. В таком состоянии эти вещества лишь в ничтожной степени используются выпасом диких кочковатых лугов, играя роль огромного мертвого капитала, попираемого ногами бедствующего населения. Но как только коснулись осушкой и распашкой этих лугов под хлебные злаки, уничтожилась преграда к выщелачиванию в область океана богатства почвы, и начинается период абсолютного обеднения страны.

Такова колоссальная роль многолетней травянистой луговой растительности в экономии живой природы земной поверхности и неменьшее значение ее в экономике страны с точки зрения народнохозяйственного процветания всего без исключения

населения последней. И нет таких жертв, которые были бы слишком велики и которых не стоило бы принести ради спасения еще оставшихся природных луговых угодий и возобновления тех, которые уничтожены вследствие неведения народа, ибо всегда следует помнить страшные по своей жестокой правде слова, что *«нет более прямого и быстрого пути к абсолютному обнищанию народа, как путь беспрерывного возделывания однолетних хлебных растений»* [5].



## ГЛАВА ПЕРВАЯ

*Растительность лугов. Изменчивость ботанического состава лугов. Ежегодные колебания их ботанического состава. Колебания под влиянием процесса эволюции луговой растительной формации. Группы луговой растительности. Злаки. Осоки. Зеленые мхи. Торфяные мхи. Основное свойство этих четырех групп. Группы прогрессивной и регрессивной эпох эволюции луговой растительной формации. Группы растений, вкрапленных в основной фон растительности луга. Травянистые микотрофы. Деревянистые микотрофы. Лишайники. Разряды симбиотрофов и автотрофов. Многолетние автотрофы. Однолетние автотрофы. Водоросли. Разряд растений, дополняющих питание сообщества. Бобовые и насекомоядные. Паразиты. Общий обзор биологической классификации луговой растительности. Отношение географии растений к их экологии и биологии. Биологическая характеристика луговых злаков. Дозревание семян. Половая спелость побегов. Побегопроизводительная способность. Низовые злаки и верховые. Злаки, быстро и медленно развивающиеся. Плод злаков. Строение зародыша. Прорастание луговых злаков. Три типа прорастания луговых злаков. Узел кущения. Надсеменодольное колено. Кущение злаков. Узлы и междоузлия. Листовые влагалища. Укороченные побеги. Экстравагинальные и интравагинальные побеги. Корневищевые злаки. Симподиальное ветвление. Биологическая характеристика корневищевого типа злаков. Надземные стелющиеся побеги злаков. Рыхлокустовые злаки. Их кущение. Коленчатые стебли. Биологическая характеристика типа рыхлокустовых злаков. Промежуточный тип. Плотнокустовые злаки. Их кущение Ложнокорневищевые злаки. Биологическая характеристика типа плотнокустовых злаков. Строение корней плотнокустовых злаков. Микотрофизм их. Бактериотрофизм плотнокустовых злаков. Осоки. Группа крупных осок, образующих кочки. Биологическое значение кочки. Корни крупных осок, образующих кочки. Схема биологической классификации луговой флоры.*

* * *

Если мы вспомним основные выводы, сделанные нами в предыдущей главе касательно флоры лугов, то нам станет ясным, что состав растительности не только природных луговых угодий вообще, но и каждого отдельного луга в частности представляет явление в высшей степени изменчивое.

Состав растительного покрова луга подвержен беспрерывным изменениям под влиянием двух порядков закономерностей. Во-первых, этот состав изменяется в течение каждого вегетативного [вегетационного] периода под влиянием ритмически правильных колебаний величины количественного притока космических и атмосферных факторов жизни растений — света, тепла, воды — и обусловленных колебаниями последних двух факторов беспрерывных изменений в количественном притоке четвертого фактора жизни растений — питательных веществ. Количественное выражение колебаний этого порядка сильнейшим образом отражается на различной степени развития и численного преобладания и на различной продолжительности вегетативного периода отдельных групп членов растительных сообществ лугов.

Во-вторых, кроме этих ежегодных периодических колебаний ботанического состава луга, перед нами развертывается еще и явление изменения ботанического состава лугов, совершающегося в более медленном темпе и происходящего под влиянием процессов воздействия самих луговых растительных сообществ на изменение свойств тех сред, в которых развиваются растения — почвы и атмосферы, понимая под переменами последнего рода такой комплекс явлений, который принято объединять в одном общем понятии о свойствах микроклимата данного природного угодия.

Оба эти порядка процессов изменчивости ботанического состава лугов представляются настолько устойчивыми в своем возникновении и развитии, как определяемые неизбежными

стихийными агентами — существенными свойствами четырех факторов жизни растений и природными условиями их притока к растению, что им непреоборимо подчиняются и искусственно созидаемые рукой человека луговые угодия, несмотря на старания удержать эти угодия в состоянии, наиболее отвечающем потребности в них хозяйства, выражающиеся в применении к лугам приемов планомерного ухода за ними, которые, однако, могут только ослабить степень выражения влияний первого порядка и лишь ненадолго отдалить неизбежное проявление результатов воздействия элементов второго порядка, влияя на некоторое удлинение отдельных стадий развития процессов, ход которых определяется факторами этого второго порядка.

Все беспрерывно изменяющееся разнообразие членов ботанического состава природных лугов в различных стадиях эволюции последних укладывается в определенные группы. Эти группы не совпадают и не могут совпадать с филогенетическими группами систематики растительного мира, равно как не вполне совпадают они и с обычными хозяйственными группами, и их ближе всего можно характеризовать, как группы биологические, хотя и признак обладания биологическими особенностями приспособления к свойствам обитаемой среды, развивающимися под влиянием неизбежных изменений свойств последней благодаря воздействию самого растительного сообщества, не удается провести во всей строгости, как и во всех случаях попыток группировки природных явлений по одному признаку.

Причина сказанного заключается в том, что только *преобладание* по своему численному нахождению в определенных природных выражениях различных периодов эволюции луга принадлежит таким группам растений, которые одновременно объединяются в естественные филогенетические порядки, и представители последних одновременно присутствуют уже в *подчиненном* количественном выражении и в других различных биологических группах, соответствующих разнообразным стадиям эволюции луга, и поэтому представляется неудобным с точки

зрения цельности системы разбивать естественные систематические группы по группам биологическим.

Вследствие вышеизложенного мы выделяем как самостоятельные единицы, играющие выдающуюся роль в природном процессе эволюции растительной луговой формации, следующие группы растительных организмов.

I группа. *Злаки*, представляющие подавляющую массу как по численному выражению отдельных индивидуумов, так и по количественному преобладанию своего веса в общей массе органического вещества, создаваемого лугом в течение первой — луговой — эпохи своего развития. Эта группа полностью совпадает с филогенетическим порядком Glumiflorae и с его единственным семейством Gramineae.

II группа. *Осоки* по своему численному и массовому выражению являются преобладающими представителями флоры лугово-болотного периода природных проявлений эволюции луговой растительной формации, во время которого эти растения представляют как бы основной фон, к которому лишь примешаны представители других групп или в форме равномерной— временной или постоянной, в продолжение всего вегетативного периода,— примеси или в форме отдельных групповых вкраплений. Эта группа охватывает собою часть филогенетического порядка Cyperales во всем объеме его рода Carex.

III группа. *Зеленые мхи* охватывают собою весь филогенетический порядок Bryales и играют роль, совершенно подобную первым двум группам, в течение зелено-мохового болотного периода процесса эволюции луговой растительной формации.

IV группа. *Торфяные мхи* представлены единственным семейством Sphagnaceae с единственным родом Sphagnum филогенетического порядка Sphagnales и, подобно первым трем группам, определяет своим численным и массовым преобладанием в природных растительных сообществах сфагновый период того же процесса эволюции луговой растительной формации в состоянии регрессивного развития ее болотной эпохи.

Перечисленные четыре группы растительных организмов— злаки, осоки, зеленые мхи и торфяные мхи — составляют первый основной отдел организмов луговой растительной формации, входящих в состав растительных сообществ ее в качестве сплошного массового покрова, определяющего характер ландшафта, общего фона, на котором другие, подчиненные по своему количественному выражению, группы являются лишь вкрапленными единично или в виде отдельных комплексов.

Эти четыре группы основного отдела своими существенными свойствами определяют массовое влияние их представителей на изменение свойств среды, в которой они развиваются, и таким образом обусловливают основной стимул, дающий начало всему процессу эволюции растительной формации.

Непосредственное воздействие этих групп организмов на свойства обитаемой ими среды выражается в неизбежном массовом и прогрессивно нарастающем накоплении при их развитии мертвого органического вещества в среде, в которой они обитают, и в этом воздействии им принадлежит не только подавляющее количественное участие, но, вследствие их развития в форме сплошного покрова, они неизбежно вовлекают в этот процесс и мертвые остатки растений других групп, которые лишь вкраплены в их общий фон и из которых некоторые группы при своем развитии в виде самостоятельных преобладающих членов сообществ других растительных формаций неспособны к накоплению мертвого органического вещества в обитаемой ими среде.

Четыре основные группы растений природных сообществ луговой травянистой растительной формации в достаточно определенной мере подразделяются на два подотдела, заключающие каждый по две группы в их последовательном порядке.

Первый подотдел объединяет в себе группы злаков и осок на основании общего их свойства самостоятельного питания зольными элементами и азотом в том смысле, который был рассмотрен нами в предыдущей главе. При развитии этих групп

условия среды, в которой развиваются их корни, таковы, что допускают самостоятельное развитие в ней бесхлорофильных микроорганизмов, и продукты разрушения мертвого органического вещества почвы этой микрофлорой и служат источниками зольного и азотного питания злаков и осок. В результате такой деятельности микрофлоры почвы, пронизывающей последнюю в виде теснейшего проникновения во всю ее массу, высшие растения имеют возможность использовать питательные вещества среды во всей полноте и, отлагая усвоенные ими элементы золы и азот преимущественно в верхних слоях почвы, обусловливают беспрерывно совершающийся во время их преобладания процесс концентрации элементов зольного питания растений и азота в обитаемой ими почве параллельно с обогащением ее органическими остатками. Обе эти группы растений характеризуют своим массовым преобладанием в составе луговых растительных сообществ серию периодов прогрессивной эпохи эволюции луговой травянистой растительной формации.

Но по мере накопления органического вещества в почве луга и подавления свойствами его свойств минерального скелета почвы условия среды, обитаемой микрофлорой почвы, изменяются настолько резко, что самостоятельное развитие ее в такой среде становится неосуществимым, и микрофлора почвы принуждена ограничить область своего самостоятельного существования исключительно дневною поверхностью почвы. Для осуществления же своей жизнедеятельности в массе почвы у микрофлоры ее остается один лишь путь симбиотического сожительства с высшими растительными организмами.

Корни высших растений, к месту непосредственного присутствия которых теперь приурочено распространение микроорганизмов в почве, не могут пронизать массу среды, в которой они развиваются, с такой детальной полнотой, которая хотя бы отчасти напоминала степень самостоятельного распределения микроорганизмов в почве, и по этой причине исчерпание среды, в которой развиваются корни растений, в отношении зольных

элементов и азота далеко не достигает своей прежней полноты и детальности. Осмотический же приток питательных элементов почвы к местам их потребления вполне исключен вследствие их нахождения в форме нерастворимого в воде органического вещества.

В силу сказанного и вследствие непрерывного накопления мертвого органического вещества на поверхности такой почвы нижние горизонты ее остаются неисчерпанными в достаточной мере в отношении элементов золы растений и азота, а поэтому и вновь нарастающие слои органического вещества становятся прогрессивно все беднее элементами пищи растений.

Такое состояние процесса массового накопления органического вещества на поверхности почвы при одновременном прогрессивном уменьшении содержания в последнем элементов зольного питания растений и азота характеризуется массовым преобладанием в болотных сообществах этой регрессивной эпохи эволюции луговой травянистой растительной формации зеленых мхов и сфагнума, которые объединяются во второй подотдел первого основного отдела групп луговой растительности по признаку отсутствия у них непосредственной связи с питательным субстратом — почвой, и возможностью их существования исключительно в симбиотических комплексах с непременным присутствием группы высших зеленых растений— представителей травянистой или деревянистой растительной формации.

Во второй отдел входят растения, принадлежащие ко всем трем растительным формациям, принимающим участие в составе растительных сообществ луговой растительной формации в качестве составных их элементов, распределенных в форме равномерного или группового рассеяния среди общего фона растений одной из первых четырех групп первого отдела. Растения этого отдела в природных луговых и болотных сообществах могут быть представлены большим числом видов часто во много раз превышающим численный видовой состав

представителей основной растительности сообщества, но зато последние всегда представлены подавляющим количеством индивидуумов, чего никогда не бывает с растениями второго отдела, и хотя бы надземные части последних и отличались значительным развитием в отношении занимаемой ими поверхности, вследствие чего эти растения могут производить впечатление господствующих в ландшафте, но это господство всегда является кажущимся, и число индивидуумов этих растений всегда далеко уступает числу представителей растений первого отдела.

Биологическая роль растений этого отдела в луговом или болотном сообществе может быть очень разнообразна, и по характеру этой роли все разнообразие их укладывается в следующие четыре разряда, охватывающие все десять групп, на которые они распадаются.

В первый разряд могут быть отнесены растения луговых и болотных сообществ, основывающих свое зольное и азотное питание на непосредственном исчерпании в этих отношениях самой органической среды, в которой развивается их корневая система. Это извлечение зольных элементов и азота из мертвого органического вещества почвы осуществляется путем симбиотического сожительства этих растений с грибами и бактериями.

В этот разряд входят три группы растений:

V группа — травянистые растения микотрофного типа питания.

VI группа — деревянистые и полудеревянистые растения микотрофного типа питания — деревья, кустарники и полукустарники луговых и болотных сообществ и

VII группа — лишайники.

Представители растений этой группы входят в сообщества всех периодов эволюции луговой травянистой растительной формации с ясной тенденцией к увеличению количественного их содержания в луговых и болотных растительных сообществах по мере нарастания условий регресса развития всей формации.

Во второй разряд могут быть отнесены все те вкраплен-

ные в основной фон луговых растительных сообществ растения, которые в своем зольном и азотном питании используют продукты распада поверхностных отложений мертвого органического вещества, еще не успевшего слиться в общее сплошное волосное тело с ранее накопленной под покровом лугового или болотного сообщества торфяной массой, в которой исключена возможность самостоятельного существования микробиологических элементов, определяющих разрушение мертвого органического вещества.

В этот разряд входят четыре группы растительных организмов:

VIII группа — многолетние травянистые растения автотрофного типа питания.

IX группа — однолетние и многолетние эфемеры.

X группа — однолетние травянистые растения автотрофного типа питания.

XI группа — водоросли.

В третий разряд могут быть отнесены растения, присутствие которых не представляется неизбежным в качестве безусловно необходимых членов лугового или болотного сообщества во всех стадиях процесса их эволюции, но которые при определенных свойствах среды, обитаемой луговым сообществом, или в поздних стадиях регресса эволюции болотного периода становятся безусловно необходимыми членами сообщества, возмещая из посторонних источников острый недостаток или одного азота или азота и зольных элементов в среде, обитаемой луговым или болотным сообществом. Растения третьего разряда ясно распадаются на две категории:

а) представителей прогрессивной эпохи эволюции луговой растительной формации, заключающих

XII группу — бобовых растений, в отсутствие которых при известных условиях генезиса почвы, на которой развивается сообщество луговой растительности, неосуществимо массовое развитие растений первого отдела, определяющих принадлеж-

ность данного растительного сообщества к луговой формации, и

б) представителей регрессивной эпохи эволюции луговой растительной формации, составляющих

XIII группу — плотоядных растений, обогащающих почву последних стадий регресса торфяного болота азотом и элементами золы из источников, не стоящих в связи с почвой болота, доходящей в конце этого периода до крайней степени обеднения азотом и элементами золы растений.

Наконец, последний, четвертый, разряд растений луговой растительной формации заключает в себе одну

XIV группу — паразитов и полупаразитов, которые, пользуясь всяким периодически наступающим ослаблением жизнедеятельности группы членов растительного сообщества, предшествующим смене всякой из них другой, достигают часто подавляющего количественного преобладания на луговых угодиях.

Вышеприведенная группировка растительности природных луговых и болотных угодий может быть сопоставлена в такой таблице:

*Отдел А*. Растения массового распространения в природных луговых и болотных растительных сообществах:

а) Представители прогрессивной эпохи эволюции луговой растительной формации, зольное и азотное питание которых осуществляется ими самими непосредственно из обитаемой ими почвы, с которой они органически связаны.

*Группа 1*. Злаки.

*Группа 2*. Осоки.

б) Представители регрессивной эпохи эволюции луговой растительной формации, не связанные непосредственно органически с обитаемой ими почвой, зольное и азотное питание которых осуществляется исключительно при участии других групп зеленых растений при посредстве органической связи последних с почвой.

*Группа 3*. Зеленые мхи.

*Группа 4*. Торфяные мхи.

*Отдел Б.* Растения, рассеянные или единично, или комплексами в массе лугового или болотного растительного покрова.

*I разряд.* Растения, непосредственно использующие для своего питания зольные элементы и азот органической среды, в которой они развиваются.

*Группа 5.* Микотрофные травянистые растения.

*Группа 6.* Микотрофные деревянистые и полудеревянистые растения.

*Группа 7.* Лишайники.

*II разряд.* Растения, использующие для своего зольного и азотного питания продукты непосредственного, не зависящего от их воздействия, разложения органической среды, в которой они развиваются.

*Группа 8.* Многолетние травянистые растения автотрофного типа питания.

*Группа 9.* Однолетние и многолетние эфемеры.

*Группа 10.* Однолетние травянистые растения автотрофного типа питания.

*Группа 11.* Водоросли.

*III разряд.* Растения, дополняющие недостаток питательных веществ в среде, на которой развивается луговое или болотное сообщество, из источников, не имеющих связи с этой средой.

а) Представители прогрессивной эпохи эволюции луговой растительной формации

*Группа 12.* Бобовые.

б) Представители регрессивной эпохи эволюции луговой растительной формации.

*Группа 13.* Насекомоядные растения

*IV разряд. Группа 14.* Паразиты и полупаразиты.

* * *

В настоящей главе мы постараемся сделать общую биологическую характеристику намеченных нами групп луговых растений. При этом нам придется столкнуться с чрезвычайными

затруднениями вследствие далеко еще не достаточной изученности растительного мира с точки зрения биологических свойств его представителей. До последнего времени более или менее детальному изучению подвергались группы растений и отдельные виды с двух точек зрения. Изучались вопросы, касающиеся распределения групп растений по поверхности суши всего земного шара — вопросы *географии растений*. Но этого рода изучение причин, определяющих собою общий характер и особенности распределения групп растений по всему лицу земли, в широком масштабе всей земной поверхности могло касаться главным образом отношений растений к тем условиям их жизни, распределение которых по земной поверхности имеет широтный характер и которые определяются свойствами земного шара, как космического тела в его отношениях преимущественно к факторам жизни растений, имеющим также космическое происхождение,— к свету и теплу, которые одновременно особенностями количественного выражения своего притока определяют существование климатических зон земли и их свойства. Само собою разумеется, что, вследствие неразрывной связи этих климатических элементов с количественным распределением третьего земного фактора жизни растений — воды, последний, по характеру выражения своего распределения в широких общих чертах по земной поверхности, также принадлежит к широтным элементам климата, и его влияние на распределение растительных организмов по поверхности земли должно было изучаться в связи с влиянием двух космических факторов жизни растений. Необходимость изучения закономерности распределения растений по земле под одновременным воздействием комплекса всех трех факторов привела к необходимости введения в круг изучаемых влияний на распределение элементов жизни растений и влияния распределения по земной поверхности пространств суши по отношению к пространствам водной стихии, или влияния материковости страны, проявляющегося при посредстве своего воздействия на характер распределения и

притока воды. Такое же резкое влияние рельефа суши в самом крупном масштабе его проявления заставило привлечь к исследованию и влияние высоты над уровнем океана на географическое распространение растений, и, наконец, очевидность участия возраста страны, в смысле геологической продолжительности непрерывного пребывания определенной географической области под воздействием биологических элементов суши, привела к объяснению многих явлений географического распространения растений при помощи истории или возраста страны.

Другой путь изучения отдельных видов растений, как цельных организмов, или группы их видов в их отношениях к окружающей среде, охватывал собою вопросы изменения форм отдельных организмов или их групп и изменения общего вида растений, их габитуса под влиянием воздействия на них свойств среды — это *экология растений*. Но и при этом порядке изучения затрагивались почти исключительно вопросы влияния внешней среды на растения через посредство тех же факторов — света, тепла и воды,— вопросы приспособления растений к свойствам среды, определяющим степень количественного воздействия на растительный организм тех же трех факторов их жизни. В круг такого изучения входили также вопросы влияния свойств самого растительного организма на распространение их, и если и затрагивались вопросы обратного влияния растительных организмов или их комплексов на свойства среды, в которой они развиваются, то это изучение ограничивалось почти исключительно исследованием влияния растений на изменение свойств среды, касающееся отношений ее к тем же климатическим факторам жизни растений,— изучались вопросы изменения климата и микроклимата под влиянием воздействия растительных сообществ. Таким образом, вопросы, касающиеся воздействия природных растительных сообществ на величину проявления отношений твердой среды, в которой они развивались — почвы, — к четвертому фактору жизни растений к питательным веществам, как зольным, так и к азоту,

оставались в тени и затрагивались чрезвычайно односторонне, преимущественно в прикладных областях знания, почти исключительно с точки зрения исчерпания растениями почвы в отношении элементов их зольного питания и азота.

Вследствие такого характера изучения отношений природных растительных сообществ к средам, в которых они развиваются, задача характеристики биологических свойств групп луговой растительности представляет иногда непреодолимые трудности и в настоящее время может быть исполнена в далеко не полной мере.

Мы сосредоточим внимание, главным образом, на характеристике первой группы — луговых злаков, как на наиболее изученной в биологическом отношении группе, причем мы будем приводить общие ботанические сведения лишь постольку, поскольку они способствуют освещению вопросов чисто биологического характера, разумея под такими взаимоотношения между организмами и средой, в которой они развиваются, взаимоотношения, понимаемые преимущественно в смысле влияния природных растительных сообществ на количественные и качественные изменения питательных свойств почвы, на которой они развиваются, в результате которых [изменений] обособляется и развивается существенный признак почвы — ее способность служить средой для развития растительных организмов.

В отношениях растений и их природных сообществ к двум группам факторов их жизни: климатическим — свету, теплу и воде и почвенным — элементам зольного и азотного питания, на первый взгляд лежит принципиальное качественное различие.

В то время, как в отношении к наличному притоку света, тепла и воды выработался у различных членов природных растительных сообществ ясно выраженный принцип *соперничества* из-за количества притекающих к поверхности земли факторов жизни растений, принцип, легший в основу борьбы за существо-

вание, мы замечаем, что в отношениях тех же организмов к элементам зольного и азотного их питания, в результате крайней ограниченности количественной наличности этих элементов в обитаемой растениями твердой среде и стремления их приобрести свойство эфемерности пребывания в ней, выработался путем многовекового естественного отбора, повидимому, противоположный принцип *объединенности стремления*, направленного к одной общей цели для всех наземных растительных организмов — удержать и сохранить в почве элементы своего зольного питания и связанный азот — принцип, также лежащий в основе борьбы за существование, но кажущийся противоположным первому по своему смыслу. Но это различие лишь кажущееся, замаскированное тем явлением, что соперничество из-за элементов зольного питания и азота может проявиться только в пределах каждой группы членов растительных сообществ, однородных по типу питания, среди которых соперничество и выживание наиболее приспособленных к условиям среды организмов наблюдается в полной мере; да и соперничество из-за климатических факторов может проявиться лишь постольку, поскольку это допускает наличность фактора, находящегося в состоянии относительного минимума, таким же [фактором] в огромнейшем большинстве случаев оказываются элементы зольного питания и связанный азот. Если не упускать из вида этого значения элементов пищи растений, как фактора жизни растений, пребывающего почти повсеместно в состоянии относительного минимума, станет ясным, что соперничество различных видов растений, входящих в состав растительных сообществ, из-за климатических факторов их жизни играет лишь подчиненную роль и имеет своей конечной целью обеспечение растению возможности усвоить возможно большее количество элементов его зольного питания и азота, которое, очевидно, может расти только в строгом соответствии с созданной растением массой органического вещества.

В виду такого особого положения элементов зольного и азот-

ного питания среди других факторов жизни растений, благодаря которому свет, тепло и вода, принципиально вполне равноценные с первою группою, могут проявить свое влияние на развитие растительного организма количественно лишь постольку, поскольку это допускает наличность первого фактора, а также вследствие чрезвычайной роли, которую зольные элементы питания растений и азот играют в общей экономии природы и которую мы пытались осветить в предыдущей главе, мы в дальнейшей характеристике групп луговой флоры будем иметь в виду главным образом отношения этих групп к питательным веществам; при этом мы разумеем не столько характер питания растений, сколько влияние их на переход элементов зольного и азотного питания в ту или иную форму в почве и, следовательно, изменение степени пригодности ее для питания различных групп луговых растений.

* * *

Преобладающее значение в образовании природных луговых сообществ принадлежит так называемым *многолетним злакам*, хотя и однолетние и двулетние злаки также принимают участие в создании лугового покрова.

Как всюду в природе, часто бывает трудно провести границу между этими группами, и многие виды злаков, в зависимости от условий своего местообитания, могут быть то однолетними, то двулетними или многолетними. К таким принадлежит, например, однолетний мятлик (Poa annua L.), который часто обладает многолетней продолжительностью жизни. Таким же свойством еще чаще обладает коленчатый лисохвост (Alopecurus geniculatus L.). Повидимому, на продолжительность жизни злаков имеет большое влияние, кроме условий местообитания, и расовое свойство растений; по крайней мере, существует много видов, отдельные расы которых обладают различной продолжительностью жизни в зависимости от места своего про-

исхождения. В особенно сильной степени это свойство присуще английскому райграсу (Lolium perenne L.), среди различных рас которого встречаются и такие, которые развиваются в течение только одного года, независимо от условий зимования, сильно распространены двулетние расы и не менее часто и многолетние его расы. Таким же свойством обладает и болотный мятлик (Poa palustris L.) и в менее выраженной степени — мятлик обыкновенный (Poa trivialis L.).

В сущности, разница между однолетними, двулетними и многолетними злаками сводится к различной продолжительности времени, в течение которого их укороченные вегетативные побеги достигают той степени зрелости, когда они способны производить цветочные органы, и последние получают способность к цветению и плодоношению, после которого весь побег со всей своей корневой системой отмирает. Продолжительность жизни побега злаков большей частью равна одному году и в сравнительно более редких случаях достигает двух, трех, реже четырех и более лет. Разница в продолжительности времени достижения побегами злаков степени половой зрелости проявляется в зависимости от двух свойств этих растений.

Прежде всего эта разница зависит от времени достижения семенем злака способности к прорастанию. У большого числа дикорастущих однолетних злаков семена достигают способности к дружному прорастанию лишь по истечении промежутка времени в несколько месяцев после их созревания и отделения от материнского растения; этот промежуток времени обыкновенно принято называть *периодом дозревания*, и продолжительность его может достигать восьми — девяти месяцев. Таким образом, семена этих злаков, созревшие и осыпавшиеся в середине или конце лета, дадут дружные всходы лишь весною будущего года, и обыкновенно все побеги таких злаков зацветают и приносят плоды в том же году, после чего все растение отмирает.

Преобладающее число видов злаков двулетних и многолетних обладает очень коротким периодом дозревания семян, так

что про них можно сказать, что семена их дают дружные всходы немедленно после своего созревания и отделения от материнского растения. У некоторых злаков эта способность к дружному прорастанию достигается очень рано, еще до момента отделения плода их от материнского растения, и таким образом получается явление так называемых *живородящих злаков*, у которых в спелом соплодии вместо плодов находятся уже проросшие растеньица, большей частью с укороченными листьями и лишь с зачатками корней, хотя не исключена возможность дальнейшего развития проростков, не отделившихся от материнского растения, и достижения ими стадии цветения и плодоношения; при этом новые карликовые растеньица по большей части образуют семена, не прорастающие до своего отделения от материнского растеньица второго поколения. Явление образования живородящих побегов может быть присуще целому виду или разновидности, и в этом случае образование нормальных семян, прорастающих лишь после отпадения от материнского растения, встречается у таких злаков или как исключение у отдельных их индивидуумов, или у отдельных побегов живородящего куста, или же это свойство может быть присуще лишь отдельным расам злаков, как признак, большей частью мало устойчивый и легко теряемый при перенесении расы в иные условия развития. Иногда приходится наблюдать чередование поколений растений живородящих и поколений, дающих нормальные семена, как это наблюдалось в течение четырнадцати поколений у живородящего луковичного мятлика (Poa bulbosa L., var. vivipara), луковички которого были собраны в северной Швеции и который регулярно производил при посеве луковичек растения, приносившие исключительно нормальные семена; при посеве этих последних получались растения, производившие исключительно луковички.

Луговые злаки двулетние дают по преимуществу семена, обладающие полной дружностью всходов уже осенью года своего созревания, причем у одних способность производить побеги

сконцентрирована на том же осеннем периоде, у других эта способность к массовому кущению переносится на весну следующего года. В большинстве случаев злаки, проявляющие усиленную способность к осеннему развитию побегов — кущению, представляются типичными озимыми злаками, и если их посеять даже очень ранней весной, они в течение всего лета будут производить только укороченные побеги, но последние не развивают стебля и не цветут в год посева; период их цветения наступает только после того, как они перезимуют, и как бы поздно осенью ни были посеяны такие злаки, все немногочисленные побеги их, успевшие образоваться в это время, зацветают и плодоносят на будущий год. В этом случае неполного и несовершенного осеннего кущения весной будущего года период кущения продолжается, и у некоторых видов или рас весенние побеги также принимают участие в цветении и плодоношении растения вместе с его осенними побегами; у других эти весенние побеги не образуют стеблей и не зацветают и отмирают вместе с осенними побегами того же растения, образовавшими плоды; наконец, у третьих эти весенние побеги перезимовывают и образуют стебли и приносят плоды на следующий год своего развития, так что такое растение плодоносит в течение двух лет подряд. Прямые опыты показывают, что моментом, определяющим образование стеблей и цветение этих озимых злаков, является зимнее понижение температуры, и можно заставить их цвести и плодоносить в лето их весеннего посева, если подвергнуть их сильному охлаждению ниже 0° С после образования ими укороченных побегов.

Двулетние луговые злаки, обладающие способностью преимущественного весеннего кущения, в большинстве случаев безразлично относятся ко времени своего посева. При осеннем посеве они представляются озимыми растениями, с тем, однако, отличием от злаков предыдущей группы, что побеги их, как образовавшиеся с осени, так равно и те, которые развились лишь весной, безразлично образуют стебли и зацветают почти од-

новременно весной следующего за посевом года, причем побеги, образовавшиеся с осени, лишь на очень короткий срок опережают в своем развитии те, развитие которых началось весной. При весеннем посеве эти злаки развивают цветущие и плодущие побеги наравне с однолетними злаками и целиком отмирают после созревания семян.

Семена многолетних злаков в подавляющем числе случаев обладают способностью давать дружные всходы уже в год своего созревания, почти непосредственно за моментом отделения их от материнского растения; иногда у отдельных видов или рас прорастание происходит до момента отделения плодов от материнского растения, обусловливая появление живородящих рас; или же стебли некоторых видов, не задолго до наступления спелости плодов, начинают усиленно развиваться в длину путем так называемого интеркалярного роста основания второго междоузлия; новая молодая часть стебля обладает лишь весьма слабым развитием механических тканей, и поэтому стебель, отягченный весом почти зрелых плодов, сгибается в участке своего нового удлинения побега и, раздвигая или разрывая листовое влагалище, полегает, и все спелые плоды, не отделяясь от ветвей соплодия, дружно прорастают, укореняются и развиваются и дальше тесно скученными колониями.

Вторая причина различной продолжительности жизни различных видов злаков заключается в различной продолжительности того периода времени, в течение которого побеги злаков достигают стадии половой зрелости в связи со способностью побегов их производить новые побеги. У однолетних злаков побеги достигают способности развивать стебли и цвести немедленно после своего образования, причем чаще всего в еще молодом укороченном побеге уже закладываются зачатки всех узлов будущего удлиненного стебля, и вершина зачаточного стебля заканчивается рудиментами метелки или колоса, заключенными в ряде листовых влагалищ будущего стебля. При этом у одних видов или рас способностью к произведению новых по-

бегов обладают только узлы главного стебля или стеблей первого поколения; побеги же дальнейших поколений, образовавшиеся кущением первых, этой способностью не обладают, и после того, как созревают образованные ими плоды, все растение целиком отмирает. В редких случаях побеги однолетних злаков проявляют способность куститься вторично после того, как созреют плоды их.

Двулетние злаки могут обладать способностью к образованию побегов второго, третьего и т. д. поколений в течение осеннего периода своего развития, причем во всех этих осенних побегах с осени же закладываются рудименты будущих стеблей со всеми их органами, но развитие этих рудиментарных стеблей в длину осуществляется лишь весною будущего года, и лишь изредка побеги первого поколения развивают стебли и зацветают тою же осенью [в год] своего образования. Весною будущего года, т. е. в год цветения побегов, образовавшихся осенью, развитие двулетнего злака может ограничиться лишь окончанием развития этих стеблей или одновременно с развитием последних может продолжаться новообразование побегов дальнейших поколений; об участии этих весенних побегов мы уже упоминали выше.

Из вышеизложенного вытекает, что особенностью однолетних и двулетних злаков является продолжительность периода жизни их побегов, измеряемая временем менее одного года, и прекращение побегопроизводительной способности каждого отдельного побега или, что то же, всего растения через промежуток времени не более одного года.

Все многолетние злаки объединяются одним общим признаком — сохранением побегопроизводительной способности в течение годичного периода у целого ряда последовательных поколений побегов, причем у каждого поколения побегов их способность образовывать новые побеги сохраняется вплоть до времени созревания на нем плодов, после чего отмирают лишь побеги, давшие плоды, со всею принадлежащей им корневой

системой; побеги же, образовавшиеся из узлов кущения отмерших побегов и оставшиеся в укороченном состоянии, сохраняют свою жизнеспособность и сохраняют способность к дальнейшему кущению вплоть до времени созревания на них, в свою очередь, плодов, после чего способность к образованию новых побегов переходит к тем побегам, которые они развили, и т. д. в течение более или менее длинного ряда поколений.

Способность к образованию удлиненных цветущих и плодоносящих побегов после отмирания побегов предыдущего поколения может возникать немедленно после отмирания последних естественным путем после плодоношения или после их искусственного уничтожения, например, скашивания или стравливания, и в этом случае злак способен образовать в течение одного года несколько поколений цветущих или плодоносящих стеблей, или эта способность к образованию нового поколения удлиненных цветущих и плодоносящих стеблей возобновляется у побегов следующего за отмершим поколения лишь весной будущего года, или, другими словами, такой злак характеризуется только одним периодом цветения в году.

Число поколений побегов, одновременно достигающих половой спелости и образующих плодоносящие стебли, у различных видов злаков может быть различно. [У одних] этой способности достигает лишь поочередно в последовательном порядке только одно старшее поколение побегов ежегодно; остальные же продолжают пребывать в укороченном состоянии, и бóльшая часть младших поколений побегов отмирает зимой или весной будущего года вследствие взаимного затенения и образования каждым новым поколением все более этиолированных вытянутых слабых побегов, которые не успевают достаточно окрепнуть пред наступлением зимы. Такие злаки обычно характеризуются как *низовые*, т. е. дающие большое количество укороченных побегов. В противоположность первым, у других видов злаков находит выражение другая крайность, когда сразу при наступлении определенных тепловых условий

переходят в стадию удлиненных цветущих и плодоносящих стеблей укороченные побеги всех поколений, развившихся к этому времени, и образование новых укороченных побегов наступает только после отцветания первых, и усиленное развитие молодых побегов начинается или лишь после достижения семенами первых приблизительно стадии молочной спелости, или же весной будущего года. Такие злаки обыкновенно характеризуются, как *верховые*, т. е. дающие преимущественно высокие цветущие стебли. Наконец, существует много видов, представляющих как бы переход между этими двумя крайними типами.

Второй признак, отличающий многолетние злаки от однолетних и двулетних, представляет продолжительность жизни их побегов или, точнее, продолжительность периода достижения побегами половой спелости, и, следовательно, времени пребывания их в стадии укороченного побега. В этом отношении прежде всего выделяется группа злаков, у которых продолжительность жизни каждого побега не отличается от такой же у однолетних и двулетних злаков и равняется приблизительно одному году или немного короче, и очевидно, что в этом случае многолетность злака зависит от числа поколений, в течение которых побеги сохраняют свою побегопроизводительную способность.

Обычно этот срок невелик, и длительность его колеблется между тремя и пятью-семью годами; при этом ясно выражается общий закон биологии, согласно которому при бесполом размножении всякое последующее новое поколение слабее развито во всех отношениях и выказывает меньшую стойкость сопротивления вредным внешним влияниям, чем всякое предыдущее поколение. Такие виды злаков характеризуются в практике лугсводства, как *быстро развивающиеся*, и дают максимальное количество как зеленой массы, так и наибольшее количество семян наилучшего качества на второй год своего развития, считая со времени посева их. В каждом следующем году количество образуемой ими зеленой массы прогрессивно падает, также по-

нижается степень выражения их побегопроизводительной способности, падает их способность противостоять неблагоприятным метеорологическим влияниям и сопротивляемость поражению паразитными грибами. Также падает быстрыми скачками их способность образовывать семена, появляется масса пустых семян и падает всхожесть *полных* семян.

Вторую группу злаков — по продолжительности жизни их побегов — представляют такие, побеги которых достигают половой зрелости по истечении более чем годичного срока с момента начала их развития; этот срок может быть двух-, трех- и четырехлетним, и в продолжение этого срока побеги развивают ежегодно только укороченные междоузлия, продолжая все время сохранять состояние укороченных побегов, причем образованные этими побегами листья и листовые влагалища могут сохраняться в живом состоянии или только один год, или же они продолжают вегетировать в течение всего срока пребывания побегов в укороченном состоянии вплоть до времени образования ими плодущих удлиненных стеблей, когда побеги после созревания семян целиком отмирают. В первом случае побеги таких злаков со второго года своего существования бывают при своем основании окружены остатками отмерших листовых влагалищ, сохраняющих в сухом состоянии вид трубок или свернутых пластин; или же мертвые листовые влагалища, благодаря быстрому сгниванию паренхимной ткани, обращаются в более или менее плотный сетчатый или волокнистый чехол, одевающий основание побегов. Внешним признаком многолетности побегов у злаков является то, что после посева такие злаки зацветают лишь на третий, четвертый или пятый год, пребывая предшествующие годы в состоянии *низовых* злаков. В практике луговодства такие злаки носят название *поздно развивающихся*. Обыкновенно это свойство бывает связано с двумя другими — именно с большой продолжительностью жизни всего растения, или, другими словами, с сохранением способности производить новые побеги у большого числа после-

довательных поколений побегов, числа, доходящего до десяти, пятнадцати и даже двадцати и тридцати лет. В отличие от злаков первой группы, образование злаками, обладающими многолетними побегами, сухой массы прогрессивно растет из года в год и достигает своего максимума не в первый год цветения их, а лишь несколько лет спустя, после чего медленно начинает падать, и каждое новое поколение побегов, следующее за поколением, давшим максимальный прирост зеленой массы, несет все увеличивающиеся в своей яркости признаки вырождения.

Признак той или иной долголетности развития побегов не является устойчивым признаком вида и у различных природных рас одного и того же вида может находить разнообразное проявление; например, у вида Hierochloë odorata Wahlb раса, характерная для сыпучих дюнных песков, обладает двулетнею продолжительностью развития побегов; раса, характерная для низовых болот — зубровка, обладает трехлетними побегами, и раса, характерная для черноземных мягких перелогов — чаполоть, развивает лишь однолетние побеги. В еще более разнообразной форме эта особенность проявляется у тростникового канареечника (Phalaris arundinacea L.); его раса, развивающаяся местами в Московской губернии на заболоченных водораздельных лугах, обладает однолетними побегами с чрезвычайно коротким периодом произрастания и ярко выраженной способностью к образованию нескольких поколений плодоносящих стеблей в течение одного года, так что при своевременном скашивании эта раса может дать до пяти укосов ежегодно в условиях Московской губернии, но зато продолжительность способности к образованию побегов утрачивается ею через пять-семь лет, после чего она должна быть вновь посеяна. Расы того же вида, взятые со слоистой песчаной поймы р. Оки, уже чаще всего обладают побегами с двулетней продолжительностью жизни; раса, встречающаяся на зернистой глинистой пойме рр. Москвы и Клязьмы, отличается трехлетней продолжи-

тельностью жизни своих побегов; расы, живущие в природных условиях у самых берегов мелководных заводей рек, образующие густые, почти чистые заросли, отличаются большей частью четырехлетнею продолжительностью жизни своих побегов, и, наконец, раса, характерная для низовых болот Полесья, отличается пяти- и даже шестилетним периодом развития своих побегов до образования ими удлиненных плодоносящих стеблей.

По большей части продолжительность жизни побегов злака тесно связана с продолжительностью их развития в течение вегетативного периода в прямом отношении: чем короче общая продолжительность жизни побега, тем ранее он развивается в год своего цветения и тем короче срок, необходимый ему для образования спелых плодов. Однако этой связи ни под каким видом обобщать нельзя, и сплошь и рядом мы встречаемся с резким нарушением этих отношений, что особенно характерно проявляется на всех многолетних злаках степной травянистой растительной формации, у которых мы видим совпадение признака многолетности побегов с чрезвычайной краткостью периода их развития в состоянии удлиненного побега и с перерывом в развитии их в состоянии укороченных побегов в течение летних месяцев, когда их листья и листовые влагалища доходят до воздушно-сухого состояния.

* * *

Кроме особенностей продолжительности жизни злаков, очерченных нами выше, многолетние луговые злаки в достаточной мере отчетливо распадаются на три типа, имеющие не только хозяйственное значение, но и глубокий биологический смысл и интерес.

Для того, чтобы отдать себе ясный отчет в характере и биологическом значении трех основных биологических типов злаков, необходимо в кратких чертах ознакомиться с ходом развития луговых злаков, начиная с момента их прорастания, тем более, что в отечественной литературе, как специально технической по луговодству, так и в общей ботанической, во-

просы развития луговых злаков затронуты очень неполно.

Так называемое семя злаков представляет в сущности плод их, у которого плодовые оболочки тесно срослись с оболочкой семени. Кроме того, плод луговых злаков почти всегда сохраняет при себе и наружную и внутреннюю цветочные чешуи со всеми их частями — остями, ресничками, волосками и т. п. — и только в продажных семенах луговых злаков плоды их искусственно освобождаются от остей и волосков при посредстве обработки на специальных машинах — шасталках, обойках и деташерах.

Главную по объему часть плода злака составляет *эндосперм* семени, его *белок*, в морфологическом смысле этого слова (рис. 1). В белке отличается наружный, богатый азотистыми веществами *алейронный слой* от внутренней его части — собственно белка, клеточки которого заполнены почти исключительно крахмалом.

При прорастании семян луговых злаков все клеточки алейронного слоя выделяют те энзимы, которые необходимы для переведения в растворимые и подвижные формы запасов питательных веществ всего белка.

В нижней части эндосперма со стороны его, противоположной стержню колоска, к которому прикреплен плод злака, к белку прилегает *зародыш* семени злака, облеченный общими оболочками с эндоспермом. Положение зародыша всегда ясно видно на всяком плоде злака, освобожденном от цветочных чешуй, благодаря присутствию на верхней границе зародыша вдавленной бороздки в оболочках плода (рис. 1 и 2).

Зародыш злаков состоит из трех связанных между собою частей — *щитка* (scutellum), зародыша стебля, или *перышка* (plumula) и зародыша корня, или *корешка* (radicula) (рис. 1 и 2). *Щиток* представляет обыкновенно изогнутую пластинку, при посредстве которой зародыш соприкасается с белком. Щиток может обладать самой разнообразной формой: иногда в виде пластинки, отчлененной как от перышка, так и от корешка, которые в этом случае соединяются с ним при посредстве

нешироκой перемычки или *зародышевого колена*, лежащего в области зародыша между перышком и корешком; иногда щиток как бы облекает корешок; иногда боковые части щитка расширены в лопасти, которые вполне охватывают зародыш спереди, так что последний как бы завернут со всех сторон в щиток. Со стороны эндосперма щиток представляет слой палисадных клеток, выделяющих, как и клеточки алейронного слоя, энзимы, необходимые для мобилизации содержимого белка при прорастании зародыша. Растворенные элементы эндосперма, который содержит крахмал, инулинообразные углеводы, белки, жиры и тростниковый сахар, переходят в зародыш при посредстве слоя палисадных клеток щитка и далее при помощи зачаточного сосудистого пучка его передаются в сосудистые пучки перышка и оттуда в сосудистые пучки корешка. При прорастании семени щиток почти не претерпевает изменений; единственное изменение, не обнаруживающееся внешними признаками, состоит в росте в длину клеток его палисадного слоя, которые как бы врастают дальше в ткань эндосперма; в отдельных случаях это удлинение палисадных клеток щитка может достигнуть их десятикратной первоначальной длины.

В своей нижней части щиток переходит в *зародышевое корневое влагалище* (coleorrhiza), которое, подобно мешку, охватывает зародыш главного корня и в передней части зародыша образует *зародышевую чешуйку* (epiblast). Роль последней не выяснена; повидимому, она при прорастании зародыша помогает ему прорвать плодовые оболочки; набухая и при этом сильно увеличиваясь в объеме, она, повидимому, обусловливает разрыв оболочек плода в виде продольной трещины во всю длину зародыша.

В верхней части щиток переходит в коническое образование *зародышевое листовое влагалище* (coleoptile), замкнутое со всех сторон и колпачком прикрывающее зародыш стебля и в передней части зародыша посредством складки переходящее в зародышевую чешуйку.

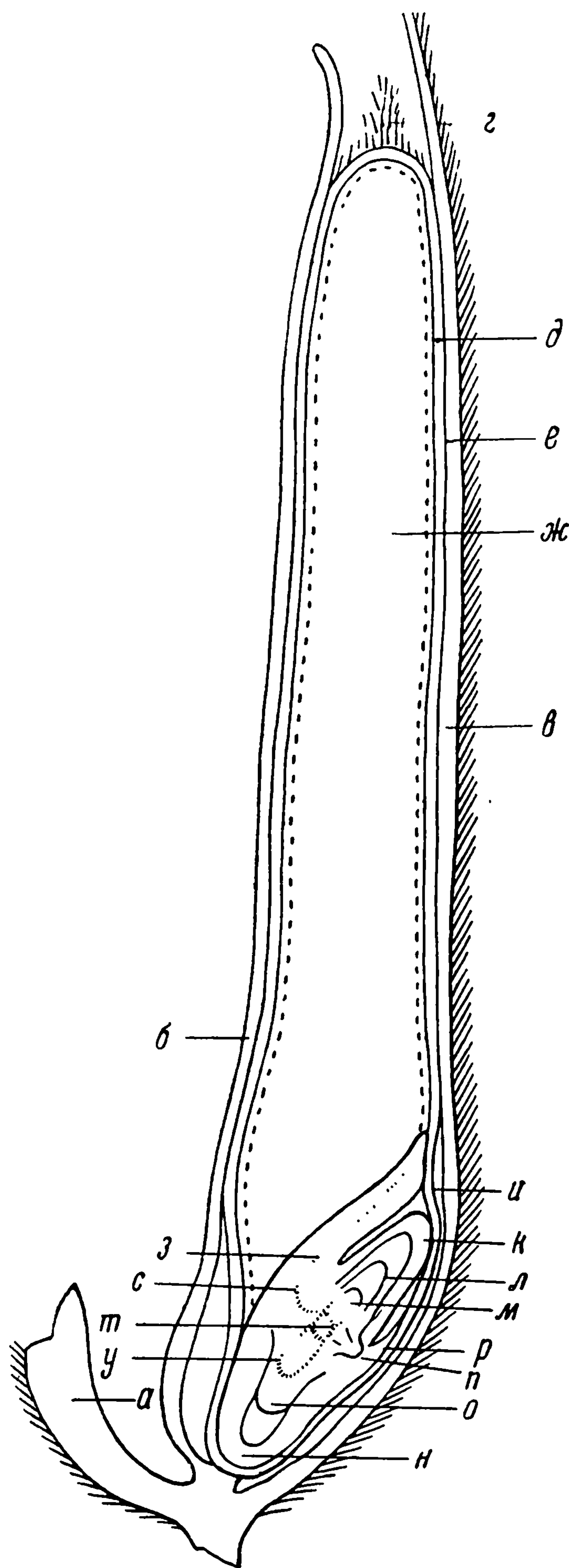



Рис. 1. Продольный разрез плода злака:

*а* — часть общего стержня колоска; *б* — внутренняя чешуя; *в* — наружная чешуя; *г* — остаток рыльца; *д* — плодовая оболочка, сросшаяся с семенной оболочкой; *е* — алейронный слой белка; *ж* — белок (эндосперм); *з* — щиток; *и* — борозда вокруг верхней части зародыша; *к* — зародышевое листовое влагалище; *л* — зачаток первого листа; *м* — точка роста стебля; *н* — зародышевое корневое влагалище; *о* — зачаток главного корня; *п* — зачаток придаточного корня; *р* — зародышевая чешуйка (эпибласт); *с* — сосудистый пучок щитка; *т* — сосудистый пучок зародыша стебля; *у* — сосудистый пучок зародыша корня.

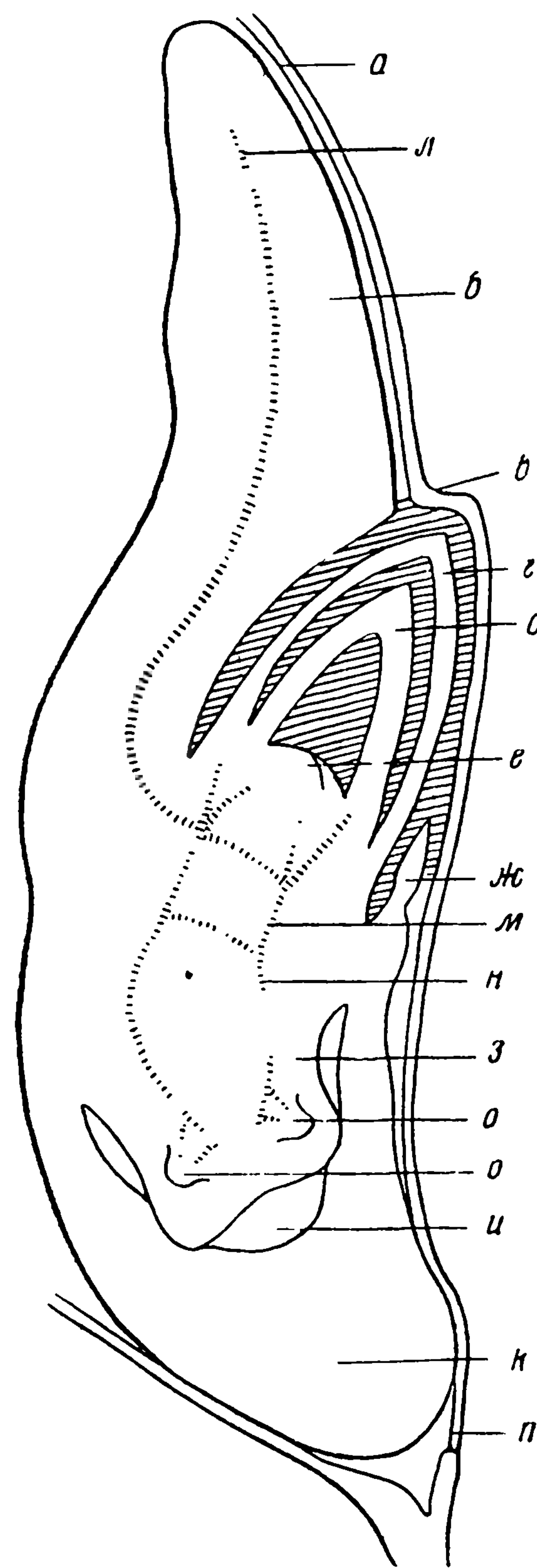



Рис. 2. Продольный разрез зародыша злака:

*а* — сросшиеся плодовая и семенная оболочки; *б* — щиток; *в* — бороздка вокруг верхней части зародыша; *г* — зародышевое листовое влагалище; *д* — зачаток первого листа; *е* — верхушечная почка; *ж* — зародышевая чешуйка; *з* — зачаток главного корня; *и* — корневой чехлик; *к* — корневое влагалище; *л* — сосудистый пучок щитка; *м* — сосудистый пучок зародыша стебля; *н* — сосудистый пучок зародыша корня; *о* — зачаток придаточных корней; *п* — микропиле.

Щиток соединяется с зародышем в средней своей части, непосредственно сливающейся с средним коленом зародыша, соединяющим перышко с корешком. Сосудистый пучок щитка входит в зародыш в верхней части соединительного колена и в нем развивается, переходя как в зародышевое листовое влагалище, так и в зачатки листьев, образующих верхушечную почку перышка.

В колене, соединяющем перышко с корешком, сосудистые пучки перышка образуют анастомозы и переходят в сосудистые пучки корешка; иногда в колене могут быть заложены зачатки придаточных корней (рис. 1, *п*).

Перышко зародыша образовано конически свернутыми зачатками листьев, прикрывающих верхушечную почку и, в свою очередь, заключенных в замкнутый конус зародышевого листового влагалища.

Корешок зародыша представлен зачатком главного корня, несущим на конце корневой чехлик, и внутри его могут быть иногда заложены один или несколько бугорков зачатков придаточных корней (рис. 2, *о*).

Прорастание злаков начинается набуханием зародышевой чешуи, которая, увеличиваясь в объеме, разрывает плодовые оболочки спереди зародыша продольной щелью; затем начинается набухание и рост в длину корневого влагалища, которое прободает плодовые оболочки и выходит наружу, причем иногда оно в нижней своей части образует несколько волосков или, вернее, тонких веточек (рис. 2, *б*), роль которых, повидимому, состоит в закреплении проростка в занятом им положении в почве. Рост корневого влагалища в длину очень ограничен, и вскоре по выходе из плодовых оболочек он прекращается, и начинающий развиваться в длину зародыш главного корня прободает его своим корневым чехликом.

Большинство луговых злаков прорастает одним главным корнем, который углубляется вертикально в почву, покрывается в части своей, непосредственно следующей за областью наибольшего роста, корневыми волосками и ветвится. Продолжитель-

ность жизни корневых волосков очень невелика, всего несколько дней, по прошествии которых корень сбрасывает их вместе с эпидермой, и поверхность экзодермы опробковевает.

Некоторые луговые злаки при начале прорастания развивают главный корень, который прободает корневое влагалище, но дальнейшее развитие его прекращается, и вместо него развивается от двух до пяти придаточных корней из зачатков, заложенных при основании главного корня. Наконец, у некоторых луговых злаков главный корень не прекращает своего развития, но одновременно с ним из зачатков при его основании развиваются один, два или три придаточных корня.

Общая продолжительность жизни всех этих корней первого порядка, как главного, так и придаточных, очень невелика, и они отмирают после того, как разовьются из узла кущения корни второго порядка.

Дальнейший ход прорастания состоит в развитии в длину зародышевого листового влагалища вследствие роста его нижней части и в развитии в длину части колена зародыша, соединяющего последний со щитком, причем все перышко начинает выдвигаться вверх и одновременно внутри полости зародышевого листового влагалища начинают развиваться в длину как зачаток первого листа, так и верхушечная почка.

При развитии зародышевого листового влагалища, бороздка в оболочках плода, окружающая зародыш сверху, служит направляющей и заставляет конец перышка прорвать плодовые оболочки ниже этой бороздки. Таким образом три самостоятельных прорыва плодовых оболочек — зародышевой чешуйкой, корневым и листовым влагалищем — сливаются в одну общую щель, идущую вдоль всего зародыша. Этот признак семян, набухавших до степени начала прорастания, имеет чрезвычайно важное значение при глазомерной оценке качества семян, так как такие семена, начинавшие прорастать вследствие неблагоприятных условий уборки, уже мертвы после высыхания и всхожестью не обладают.

Зародышевое листовое влагалище совсем не содержит механических тканей, и причина его крепости, благодаря которой оно способно прорвать плодовые оболочки и проложить в почве путь для развития нежного молодого стебля, не спадаясь при этом и не утрачивая своей правильной цилиндрической формы, заключается исключительно в его чрезвычайно большом тургоре. Рост зародышевого листового влагалища в длину ограничен и прекращается, как только оно поднимется на несколько миллиметров над поверхностью почвы. Его роль состоит исключительно в создании ровного гладкого канала, по которому нежный молодой стебель злака мог бы беспрепятственно достигнуть поверхности почвы. После окончания роста зародышевого листового влагалища в длину, вершина его конического верхнего конца разрыхляется вследствие отмирания части составляющих его паренхиматических тонкостенных клеток, и первый листок злака, без труда прободает его и выходит на свет.

По характеру развития зародышевого колена, соединяющего щиток с перышком и корешком, луговые злаки могут быть разделены на три типа.

К первому типу принадлежат злаки, зародышевое колено которых совсем не увеличивается в длину, и непосредственно над коленом прямо находится первый узел стебля, в котором в пазухе зародышевого листового влагалища заложена почка побега второго порядка и зачаток придаточного корня того же порядка (рис. 3). Сосудистый пучок щитка круто изгибается в колене вверх и сливается с сосудистым пучком колена, который выше переходит в сосудистый пучок стебля и два сосудистые пучка зародышевого листового влагалища, а внизу в сосудистый пучок главного корня. При прорастании первый узел остается на месте, и к поверхности почвы направляется только зародышевое листовое влагалище, удлиняющееся путем вставочного (интеркалярного) роста своего основания. Внутри зародышевого листового влагалища развивается в длину первое

междоузлие стебля путем такого же вставочного роста в длину своего основания.

Рост в длину зародышевого листового влагалища прекращается, как только верхний конец его поднимется на несколько миллиметров выше поверхности почвы. Рост в длину первого междоузлия прекращается, когда второй узел на несколько миллиметров не достигнет поверхности почвы, и его лист — первый лист всего растения, прорвав вершину зародышевого листового влагалища, не выйдет на свет.

Второй узел становится *узлом кущения*, т. е. из заложенной в пазухе листового влагалища его листа почки развивается побег, а из заложенных там же одного или нескольких зачатков корней развиваются один или несколько придаточных корней третьего порядка (рис. 4).

После этого начинается дальнейшее развитие побегов третьего, четвертого и т. д. порядков — *стадия прорастания* заканчивается и начинается новая *стадия кущения*.

С началом стадии кущения все части проростка, расположенные ниже узла кущения — первое междоузлие, первый узел, главный корень и придаточные корни второго порядка, равно как и все оставшиеся на своем первоначальном месте части семени, отмирают.

По этому первому типу прорастают семена родов Stipa, Triticum, Secale, Hordeum.

При втором типе прорастания выход на поверхность почвы зародышевого листового влагалища совершается как при помощи удлинения его, как и в предыдущем случае, так главным образом путем удлинения части зародышевого колена, развитие которого в длину совершается путем вставочного (интеркалярного) роста *нижней* его части. Эта растущая часть зародышевого колена носит название надсеменодольного колена (mesocotyl). При этом случае прорастания сосудистый пучок щитка круто поворачивает в колене зародыша в верхней его части и также круто в нем вновь загибается вверх и продолжает раз-

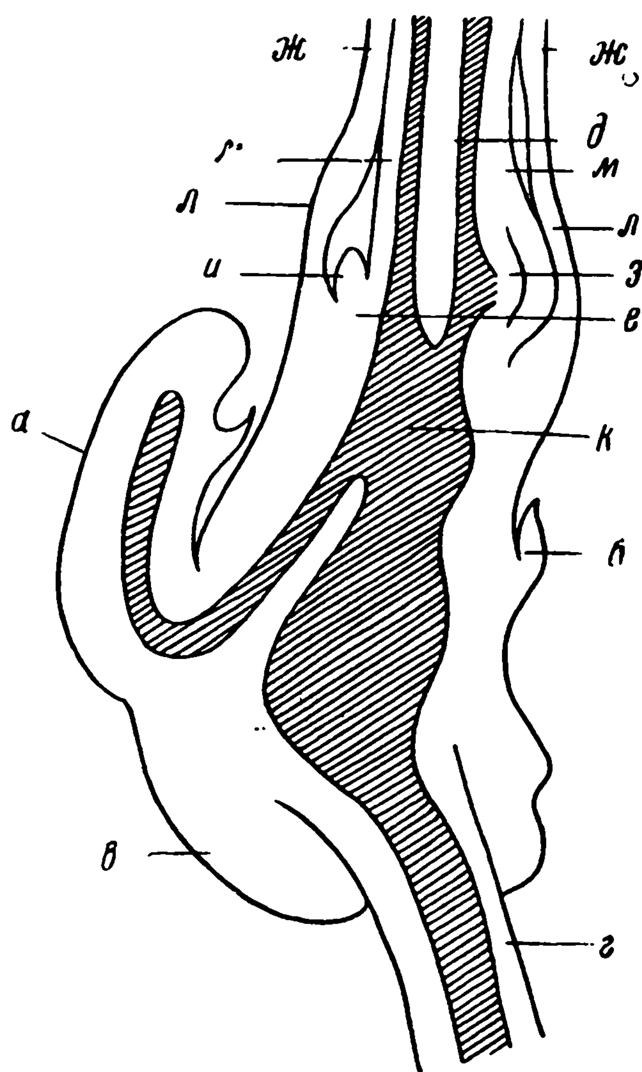



Рис. 3. Прорастание злака первого типа, без надсеменодольного колена:

*а* — щиток; *б* — зародышевая чешуйка; *в* — корневое влагалище; *г* — главный корень; *д* — первое междоузлие; *е* — первый узел; *ж* — зародышевое листовое влагалище; *з* — зачаток придаточного корня; *и* — почка побега второго порядка; *к* — сосудистый пучок; *л* — область вставочного роста в длину зародышевого листового влагалища; *м* — та же область первого междоузлия.

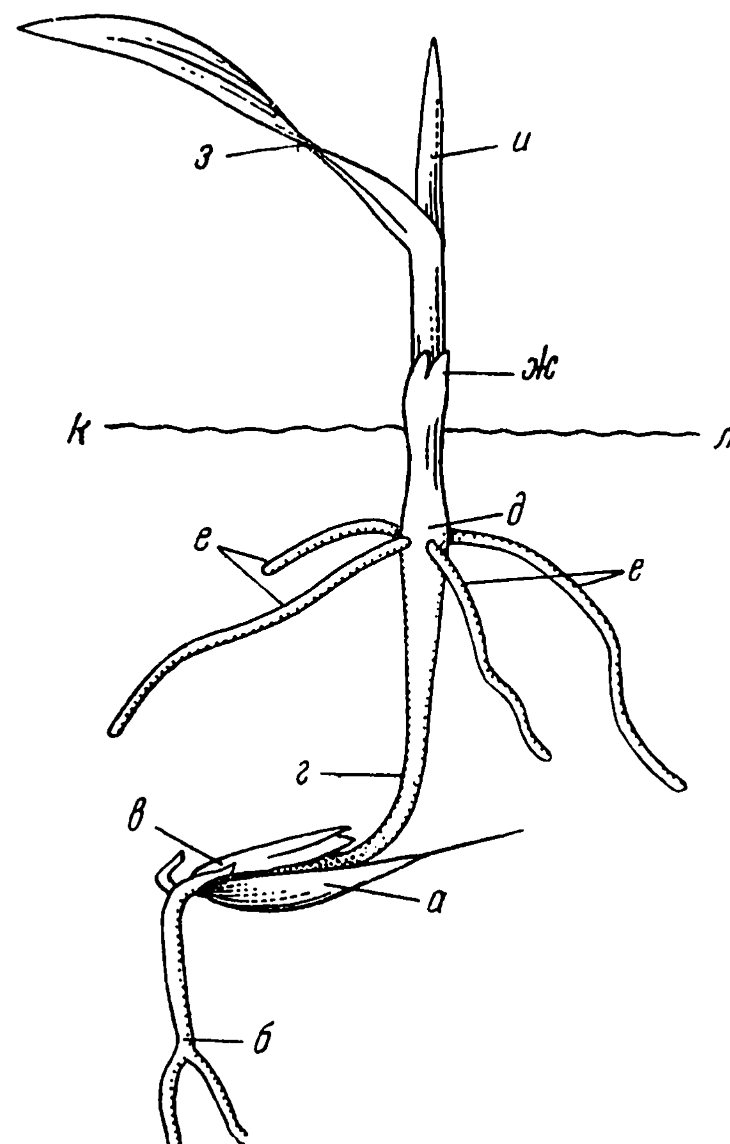



Рис. 4. Проросток злака первого типа:

*а* — плод в чешуйках; *б* — главный корень; *в* — зародышевая чешуя; *г* — первое междоузлие, заключенное в зародышевое листовое влагалище; *д* — узел кущения; *е* — придаточные (вторичные) корни, прободающие зародышевое листовое влагалище; *ж* — зародышевое листовое влагалище; *з* — первый лист; *и* — второй лист; *к*, *л* — поверхность почвы.

виваться в надсеменодольном колене в направлении, параллельном его положению в щитке; при этом он не сливается с сосудистым пучком надсеменодольного колена, развивается самостоятельно параллельно с последним и заканчивается в зародышевом листовом влагалище. Сосудистый пучок надсеменодольного

колена с низу переходит в сосудистый пучок главного корня (рис. 5).

Рост в длину зародышевого листового влагалища, как и в первом случае, прекращается после того, как он на несколько миллиметров поднимется выше поверхности почвы. Рост в длину надсеменодольного колена прекращается, как только первый лист первого узла прободает зародышевое листовое влагалище и выйдет на свет; при этом первый узел обращается в узел кущения; из почки, находящейся в пазухе его листового влагалища, развивается побег второго порядка, и еще раньше последнего из той же пазухи развивается один или несколько придаточных корней побега первого порядка (рис. 6).

Как только разовьются придаточные корни из узла кущения и начинается развитие побегов второго и других младших порядков, так надсеменодольное колено и корни первого порядка, развившиеся из зародыша, вместе со всеми частями семени отмирают, и питание растения водой и элементами золы и азотом переходит исключительно к придаточным корням, развивающимся из узлов кущения главного побега и побегов младших порядков.

При прорастании по третьему типу сосудистый пучок загибается под прямым углом и, проходя в верхней части колена зародыша, сливается в один пучок с сосудистым пучком зародыша (рис. 7).

Выход на поверхность почвы зародышевого листового влагалища совершается частью, как и в первых двух случаях, путем вставочного роста в длину основания его, так главным образом вследствие удлинения надсеменодольного колена (epicotyl) путем вставочного же роста в длину его *верхней* части, лежащей непосредственно под первым узлом первичного побега. При этом на надсеменодольном колене обыкновенно образуются один или несколько придаточных корней (рис. 8) независимо от узла кущения.

Прекращение роста в длину как зародышевого листового

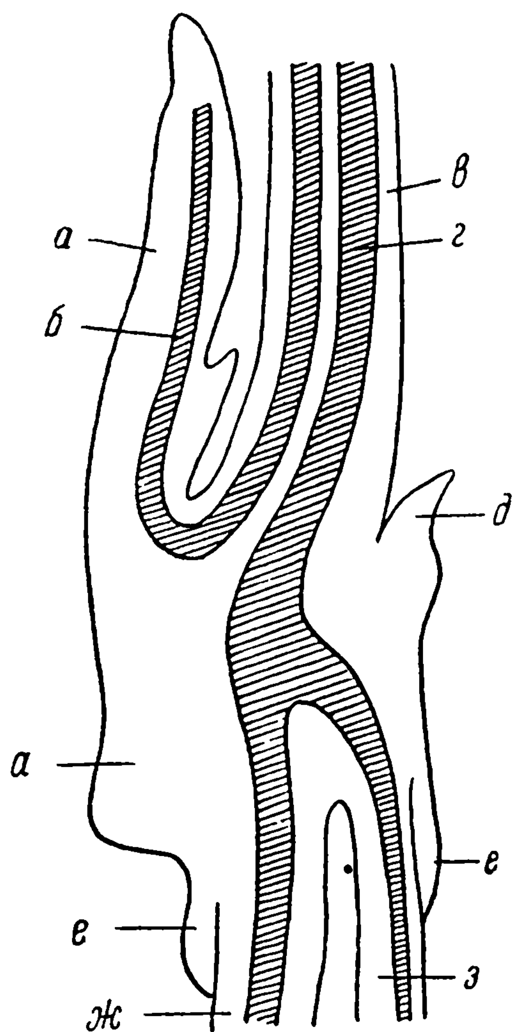



Рис. 5. Прорастание злака второго типа с надсеменодольным коленом (мезокотиль) и отдельным первичным сосудистым пучком в нем:

*а* — щиток; *б* — первичный сосудистый пучок, проходящий в надсеменодольное колено; *в* — надсеменодольное колено (мезокотиль); *г* — сосудистый пучок; *д* — зародышевая чешуйка; *е* — корневое влагалище; *ж* — главный корень; *з* — придаточный корень.

влагалища, так и надсеменодольного колена определяется теми же моментами, как и в предыдущем случае, и первый узел главного побега становится его узлом кущения и так же, как и в описанных ранее случаях прорастания, после начала кущения все части, лежащие ниже узла кущения, отмирают.

По третьему типу прорастают виды злаков, принадлежащие к родам Tragus, Zea, Andropogon, Panicum, Saccharum, Spartina.

Все остальные виды злаков — роды Lolium, Festuca, Bromus, Poa, Briza, Avena, Holcus, Lagurus, Agrostis, Alopecurus, Phalaris, Anthoxanthum, Oryza и пр. — прорастают по второму типу.

В случае очень глубокого положения плода злака в почве — при слишком глубокой заделке семян при посеве — выход зародышевого листового влагалища и всего проростка на дневную поверхность почвы осуществляется не только при посредстве развития в длину надсеменодольного колена, но и такого же развития первого междоузлия, как в первом типе. В этом случае с начала развивается в длину зародышевое листовое влагалище и надсеменодольное колено, но последнее, достигнув определенной длины, останавливается в своем росте, и дальнейшее удлинение проростка происходит путем роста в длину первого междоузлия и зародышевого листового влагалища.

По достижении первым или вторым узлом проростка злака

некоторой глубины близ дневной поверхности почвы начинается второй период развития их, так называемое *кущение злаков.*

Стебель злаков состоит из попеременно чередующихся *узлов* и *междоузлий.* Междоузлие, образующее собственно стебель или *соломину* злаков, представляет у всех луговых злаков полый цилиндр; только у некоторых, преимущественно экзотических злаков он не имеет внутренней полости, а также у подземных побегов — *корневищ* — луговых злаков стебель представляется не имеющим внутренней полости.

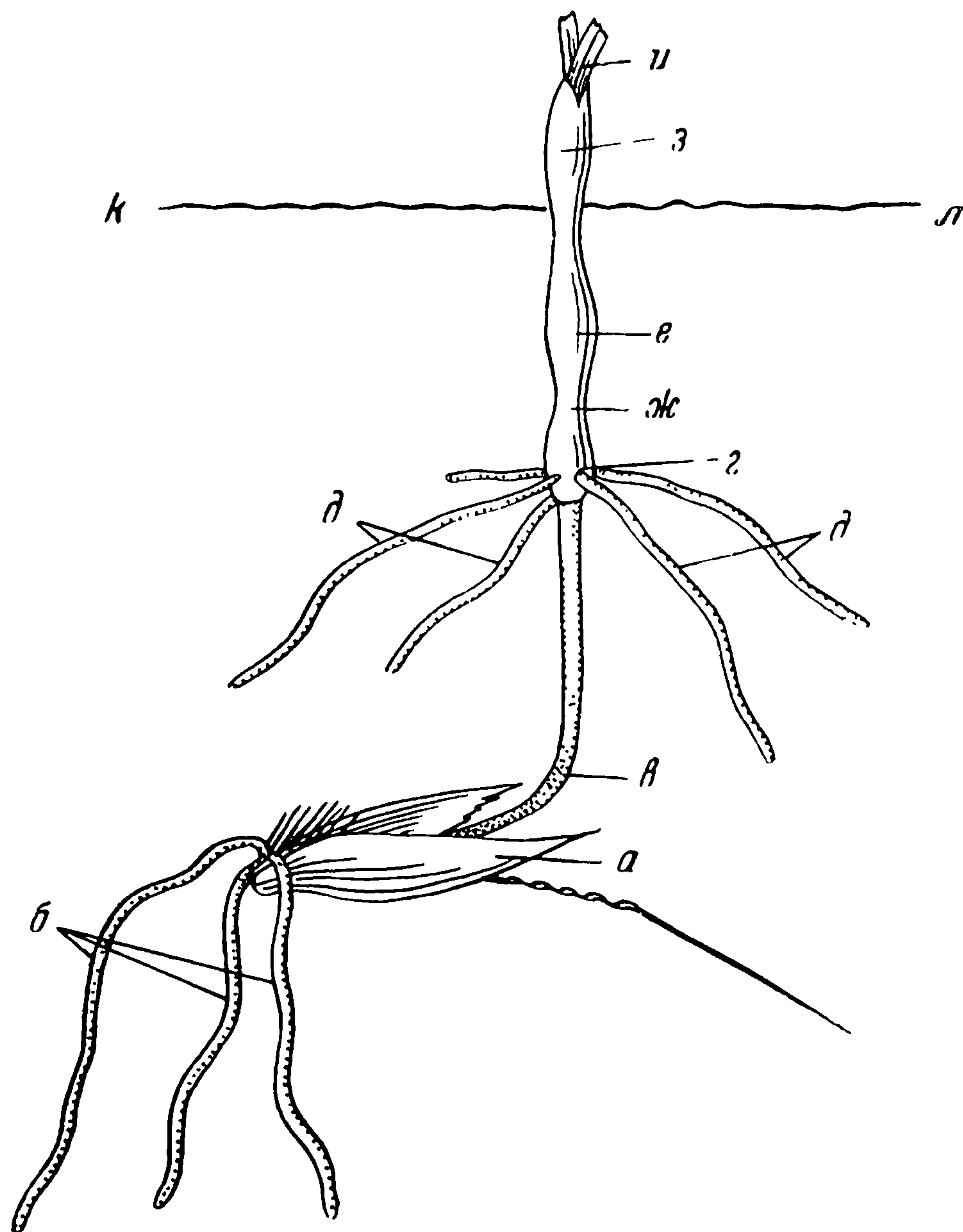



Рис. 6. Проросток злака второго типа:

*а* — плод в чешуйках; *б* — придаточные (первичные) корни; *в* — надсеменодольное колено (мезокотиль); *г* — первый узел (узел кущения); *д* — придаточные (вторичные) корни, прободающие зародышевое листовое влагалище; *е* — второй узел; *ж* — первое междоузлие; *з* — зародышевое листовое влагалище; *и* — первый лист; *к*, *л* — поверхность почвы.

От времени до времени полый стебель злаков прерывается так называемыми узлами (рис. 9). На месте узлов внутренняя полость стебля заполняется паренхиматической тканью с утолщенными клеточными стенками, и в этой ткани сосудистые пучки стебля, расположенные в нем равномерным кольцом, дают отростки — анастомозы, переплетающиеся в сложную сеть и соединяющие между собою все сосуды, расположенные с противоположных сторон стебля.

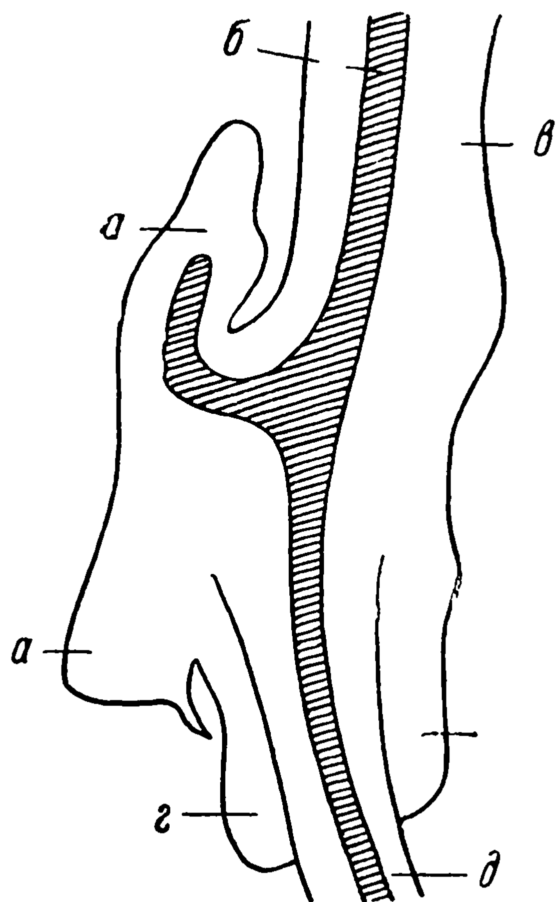



Рис. 7. Прорастание злака третьего типа с надсеменодольным коленом (эпикотиль), но без первичного сосудистого пучка в нем:

*а* — щиток; *б* — сосудистый пучок; *в* — надсеменодольное колено (эпикотиль); *г* — корневое влагалище; *д* — главный корень.

На месте узлов от стебля отходят *листовые влагалища*, в которые направляются ответвления сосудистых пучков стебля. Листовые влагалища при своем основании сильно утолщены, и эти утолщения и образуют видимые снаружи узлы стебля злаков, или *узлы листовых влагалищ*. В пазухах листовых влагалищ, непосредственно под местами отхода листового влагалища от стебля, может быть расположена почка побега; в этой же области закладываются придаточные корни злаков. Как почки побегов, так и придаточные корни у злаков могут развиваться исключительно в пазухах листовых влагалищ.

В молодом побеге злаков закладываются в первое время его развития, в то время, когда он пребывает в состоянии так называемого *укороченного побега*, в последовательном порядке все узлы будущего стебля, равно как и зачатки его метелки или колоса; все узлы отделяются в таком состоянии друг от друга весьма укороченными междоузлиями.

Только после того, как метелка — или колос злака — достигнет очень значительной степени развития и все части ее будут заложены, на что, как мы видели раньше, требуется у различных видов злаков очень различные промежутки времени — от нескольких недель до нескольких лет, укороченные междоузлия стебля злаков начинают развиваться в длину путем вста-

вочного, или интеркалярного роста оснований междоузлий в области, лежащей непосредственно выше места отхождения от нижележащего узла листового влагалища. У некоторых злаков эта область роста междоузлий в длину отделена от лежащей ниже области развития почки побега и места развития придаточных корней утолщением, так называемым *узлом стебля*, так что прободающие ткани основания междоузлия зачатки придаточных корней не могут повредить нежных тканей области вставочного роста междоузлий.

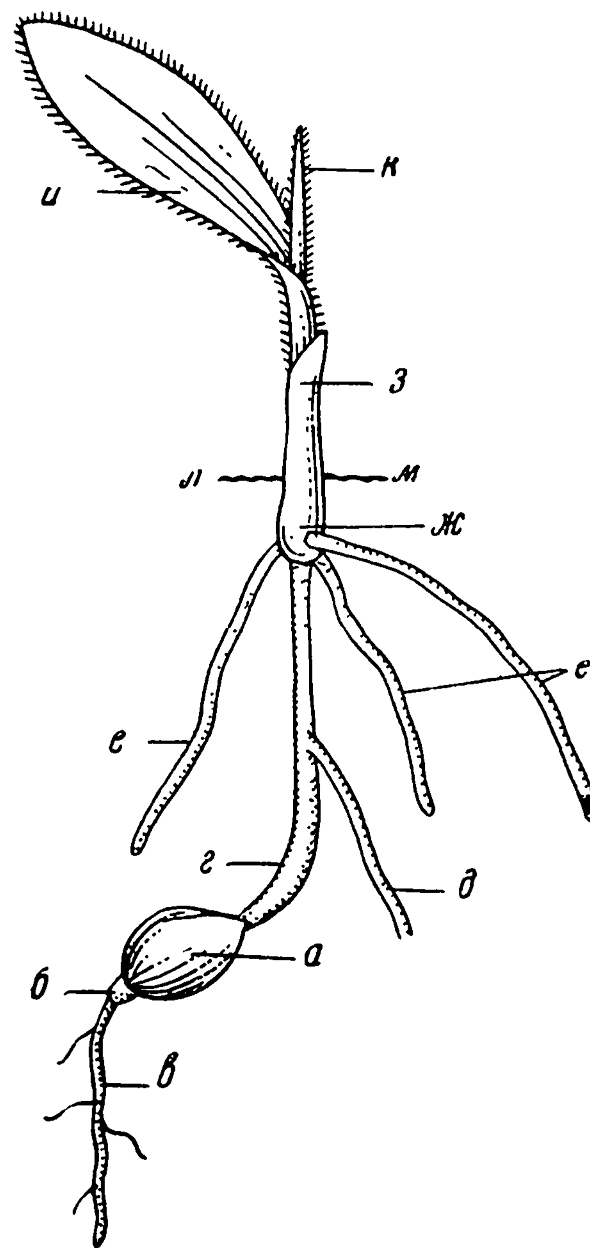



Рис. 8. Проросток злака третьего типа:

*а* — плод в чешуйках; *б* — корневое влагалище; *в* — главный корень; *г* — надсеменодольное колено (эпикотиль), образующее придаточные корни помимо узлов; *д* — придаточный корень надсеменодольного колена; *е* — придаточные корни (вторичные), образующиеся из узла кущения; *ж* — узел кущения; *з* — зародышевое листовое влагалище; *и* — первый лист; *к* — второй лист; *л*, *м* — поверхность почвы.

Развитие в длину укороченных междоузлий стебля злаков происходит неравномерно; сначала удлиняются междоузлия, непосредственно следующие за узлами кущения, затем удлиняются самые верхние и только за ними следует удлинение средних междоузлий.

Самые нижние междоузлия главного побега злаков, непосредственно следующие за надсеменодольным коленом или за вторым узлом у злаков, не образующих надсеменодольного колена, не развиваются в длину и, оставаясь все время своего существования в укороченном состоянии, образуют в количестве трех-четырех, а иногда и большего числа так называемый *узел ку-*

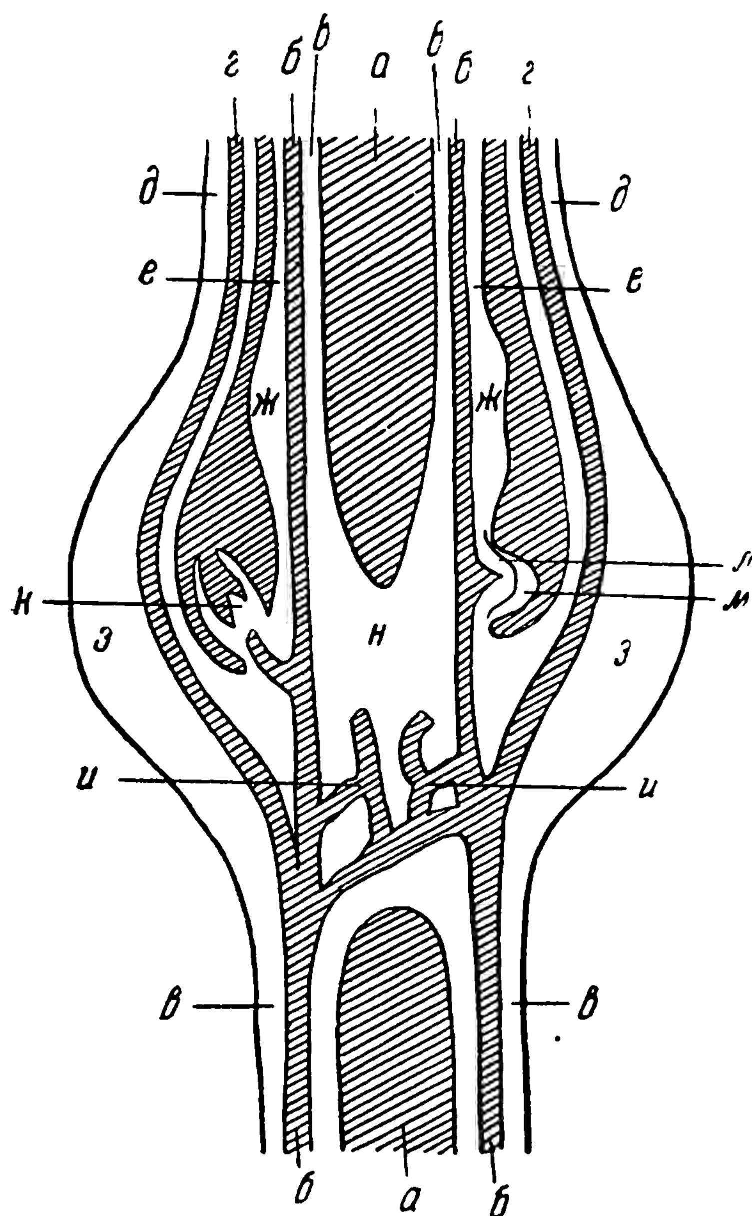



Рис. 9. Узел злака:

*а* — внутренняя полость стебля; *б* — сосудистые пучки стебля; *в* — стенки стебля; *г* — сосудистые пучки листовых влагалищ; *д* — листовое влагалище; *е* — область вставочного роста стебля; *ж* — узел стебля; *з* — узел листового влагалища; *и* — анастомозы сосудистых пучков; *к* — почка побега; *л* — зачаток придаточного корня; *м* — корневой чехлик; *н* — перегородка стебля.

*щения злаков* (рис. 10).

Снаружи узел кущения облечен зародышевым листовым влагалищем, и каждый последующий узел образует свое листовое влагалище, на верхнем конце переходящее в листовую пластинку, которая едва развита у первого узла и приобретает все более ясное выражение на каждом последующем узле. В пазухе каждого листового влагалища узла кущения заложено по одной почке, из которой в период кущения развивается побег второго порядка. Почки расположены так, что почка каждого следующего верхнего узла отклоняется на 90° от направления почки каждого предыдущего нижнего узла. Кроме почек, в тех же пазухах заложены зачатки двух, трех и большего числа придаточных корней третьего порядка. Побеги, развивающиеся из узла кущения, могут при своем развитии или прободать прикрывающие их вначале листовые влагалища, образуя так называемые *экстравагинальные побеги* (рис. 10 и 11), или же побеги второго порядка могут развиваться, оставаясь внутри листового влагалища, в котором началось их развитие, образуя

так называемые *интравагинальные побеги* (рис. 12, 13 и 22).

Придаточные корни, развивающиеся из узла кущения, всегда прободают листовые влагалища, направляясь перпендикулярно к оси побега, на котором они образовались, и по выходе из листового влагалища круто заворачивают вниз под влиянием геотропизма.

При развитии экстравагинальных побегов на них всегда образуется *короткое* первичное листовое влагалище (рис. 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18 и 19), при развитии же интравагинальных побегов на них всегда образуется *длинное* первичное листовое влагалище с двумя килями, соответствующими его двум сосудистым пучкам (рис. 12, 13, 21 и 22).

При дальнейшем ходе процесса кущения каждый побег второго порядка образует свой вторичный узел кущения, состоящий также из нескольких укороченных междоузлий, несущих, как и в главном узле кущения, в пазухах своих листовых влагалищ почки и зачатки придаточных корней. Узлы кущения второго порядка образуют побеги третьего порядка с такими же узлами кущения и т. д.

Характер кущения злаков представляет тот внешний формальный признак, который позволяет разделить все луговые злаки на три основных биологических типа. Можно себе представить три основных направления, которые примет побег младшего порядка по отношению к направлению побега старшего порядка.

Первый тип представляет тот случай, когда всякий младший побег отходит от старшего в направлении, *перпендикулярном* к направлению последнего, причем горизонтальные участки побегов получают совершенно ясно выраженное развитие в длину: при этом получается так называемый *корневищевый злак* (рис. 14, *I*).

При втором типе всякий младший побег отходит от старшего *под углом, меньшим чем 90°*, причем получается *рыхлокустовый злак* (рис. 14, *II*).

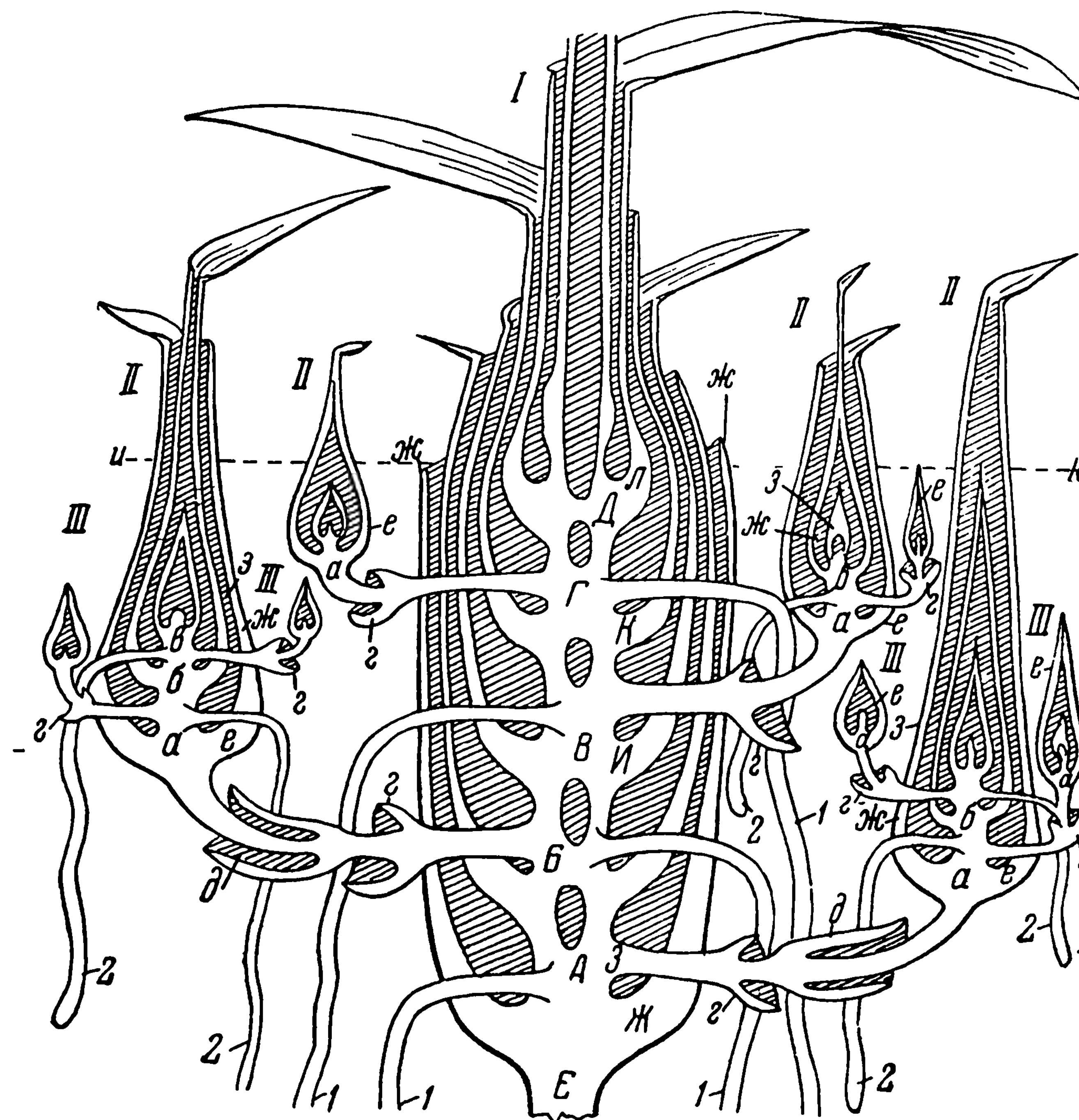



Рис. 10. Схема узла кущения:

*I*, *II*, *III* — побеги первого, второго и т. д. порядка; *1*, *2* — придаточные корни третьего и т. д. порядка; *А*, *Б*, *В*, *Г* — первый, второй и т. д. узлы укороченных междоузлий главного побега; *Д* — узел первого удлиненного междоузлия главного побега; *Е* — остаток надсеменодольного колена; *Ж* — зародышевое листовое влагалище; *З*, *И* *К*, *Л* — первое и т. д. листовое влагалище главного побега; *а*, *б*, *в* — первый и т. д. узел побегов младших порядков; *г* — первичное листовое влагалище; *д* — листовое влагалище удлиненных междоузлий подземных побегов; *е*, *ж*, *з* — первое и т. д. листовое влагалище тех же побегов; *и*, *к* — уровень почвы.

Наконец, в третьем типе всякий младший побег развивается в направлении, *параллельном* старшему побегу, что получается вследствие почти полного отсутствия развития в длину гори-

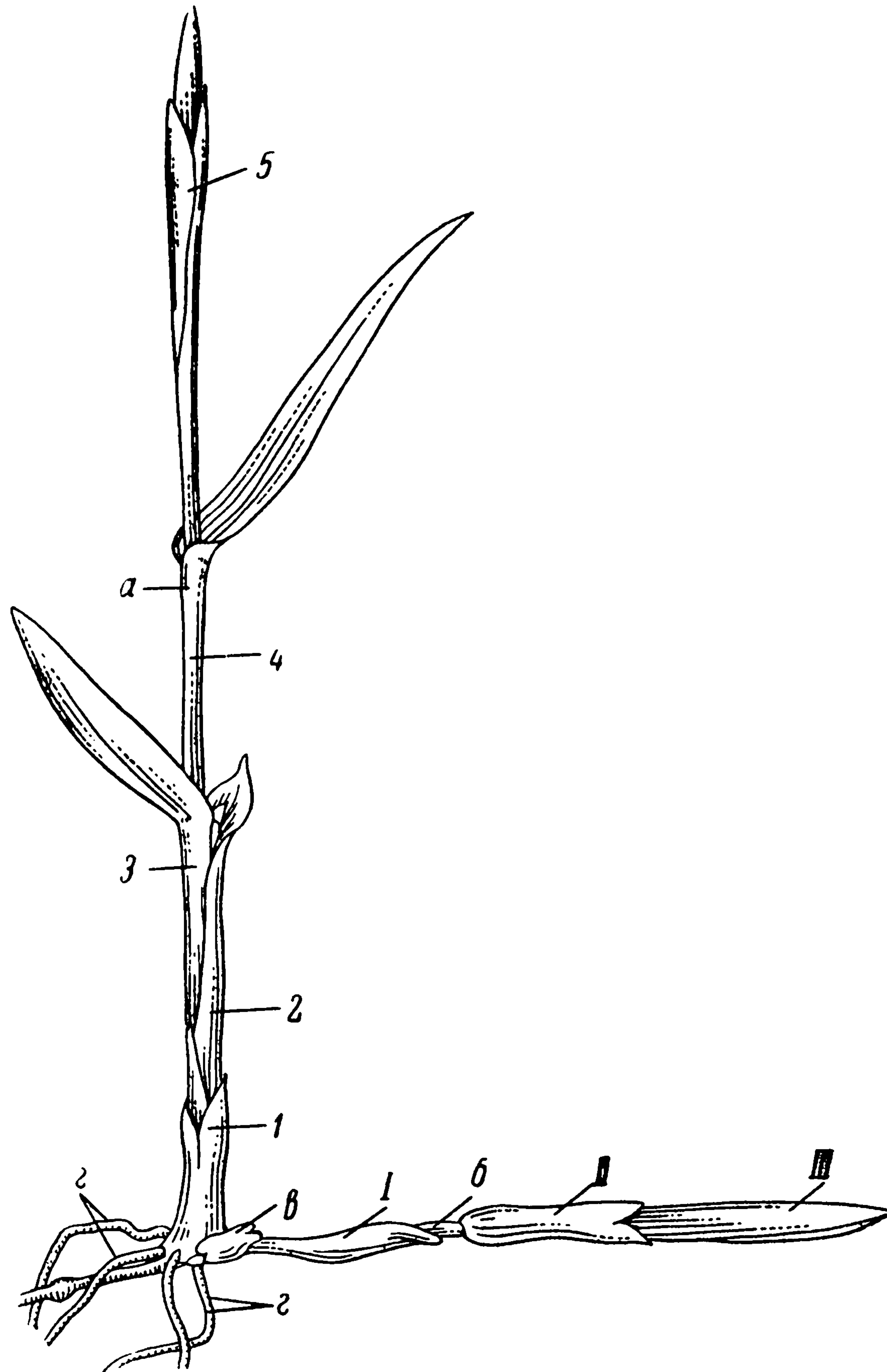



Рис. 11. Экстравагинальный побег:

*а* — побег старшего порядка; *б* — побег младшего порядка; *в* — короткое первичное листовое влагалище; *г* — придаточные корни; *1, 2, 3, 4, 5* — листья побега старшего порядка; *I, II, III* — листовые влагалища побега младшего порядка.

зонтальных участков побегов, и последние тотчас по началу своего развития загибаются вверх и развиваются в непосред-

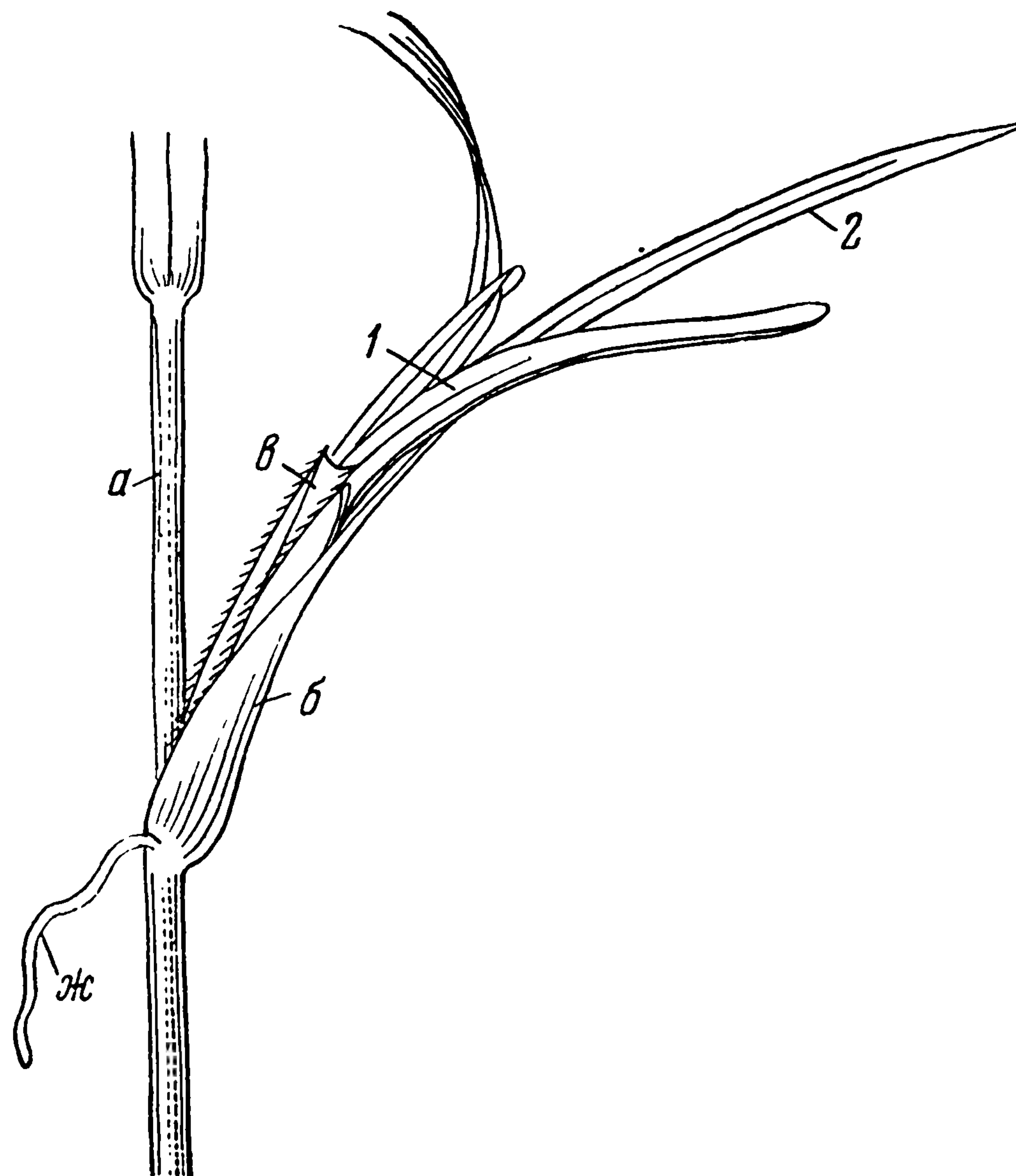



Рис. 12. Интравагинальный побег (объяснения к рисункам 12 и 13)

*а* — побег старшего порядка; *б* — листовое влагалище побега старшего порядка; *в* — длинное первичное листовое влагалище побега второго порядка; 1, 2— соответствующие листья побега второго порядка; *г* — два сосудистых пучка первичного листового влагалища; *д* — внутренняя полость стебля; *е* — воздушные полости; *ж* — придаточный корень побега.

ственной до полного соприкосновения близости к побегу старшего порядка: при этом получается *плотнокустовый злак* (рис. 14, *III*).

Корневищевые злаки после окончания периода прорастания образуют из узла кущения четыре, пять побегов второго порядка, по одному из каждого укороченного междоузлия (на рис. 15,

а также на рис. 17, 19 и 21 узлы кущения изображены, ради упрощения рисунка, состоящими всего из одного узла и одного укороченного междоузлия; на самом деле следует представить их себе состоящими из ряда тесно расположенных друг над другом укороченных междоузлий так, как изображено на

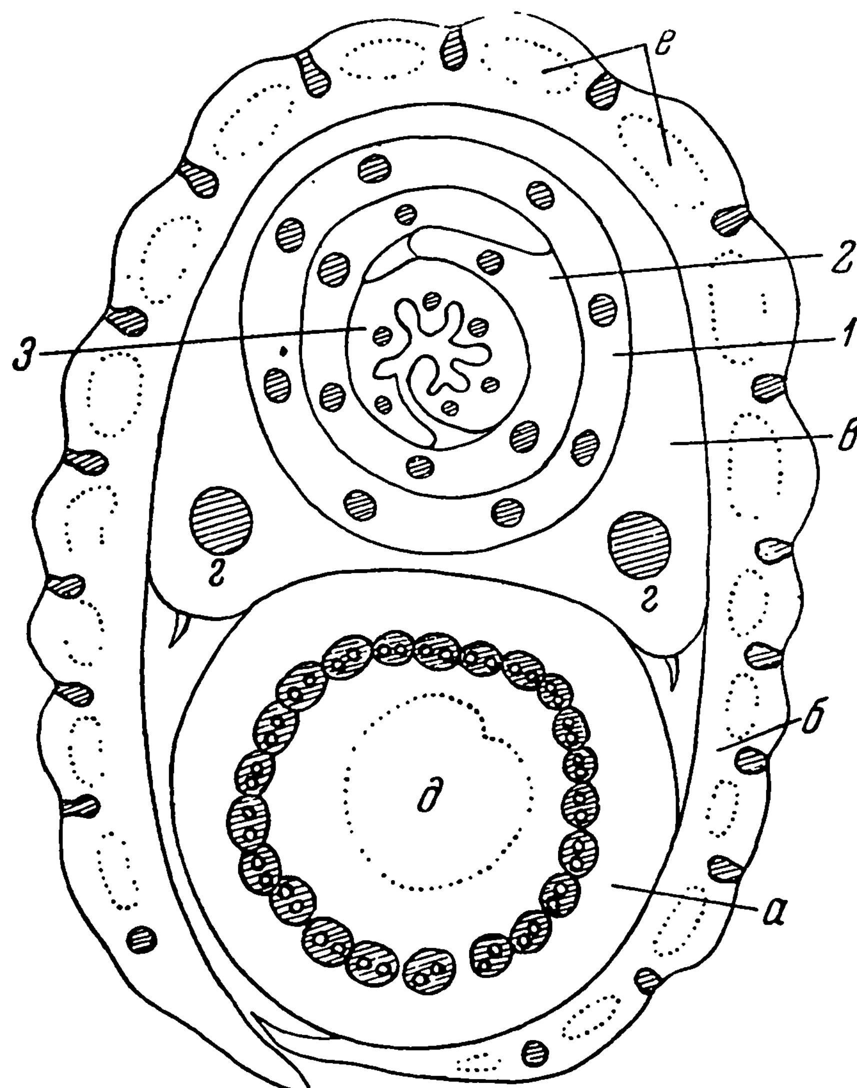



Рис. 13. Поперечный разрез через интравагинальный побег (объяснения к рис. 13 те же, что и к рис. 12).

схеме узла кущения, рис. 10). Эти побеги второго порядка расходятся радиально вокруг главного побега, образуя между собою углы в 90°; кроме побегов из каждого укороченного междоузлия узла кущения, развивается два-три придаточных корня, редко большее количество. Подземные корневища, в отличие от надземных горизонтальных удлиненных побегов, образуемых некоторыми злаками, всегда развиваются из экстра-

вагинальных побегов (рис. 15), тогда как вторые развиваются преимущественно из интравагинальных побегов.

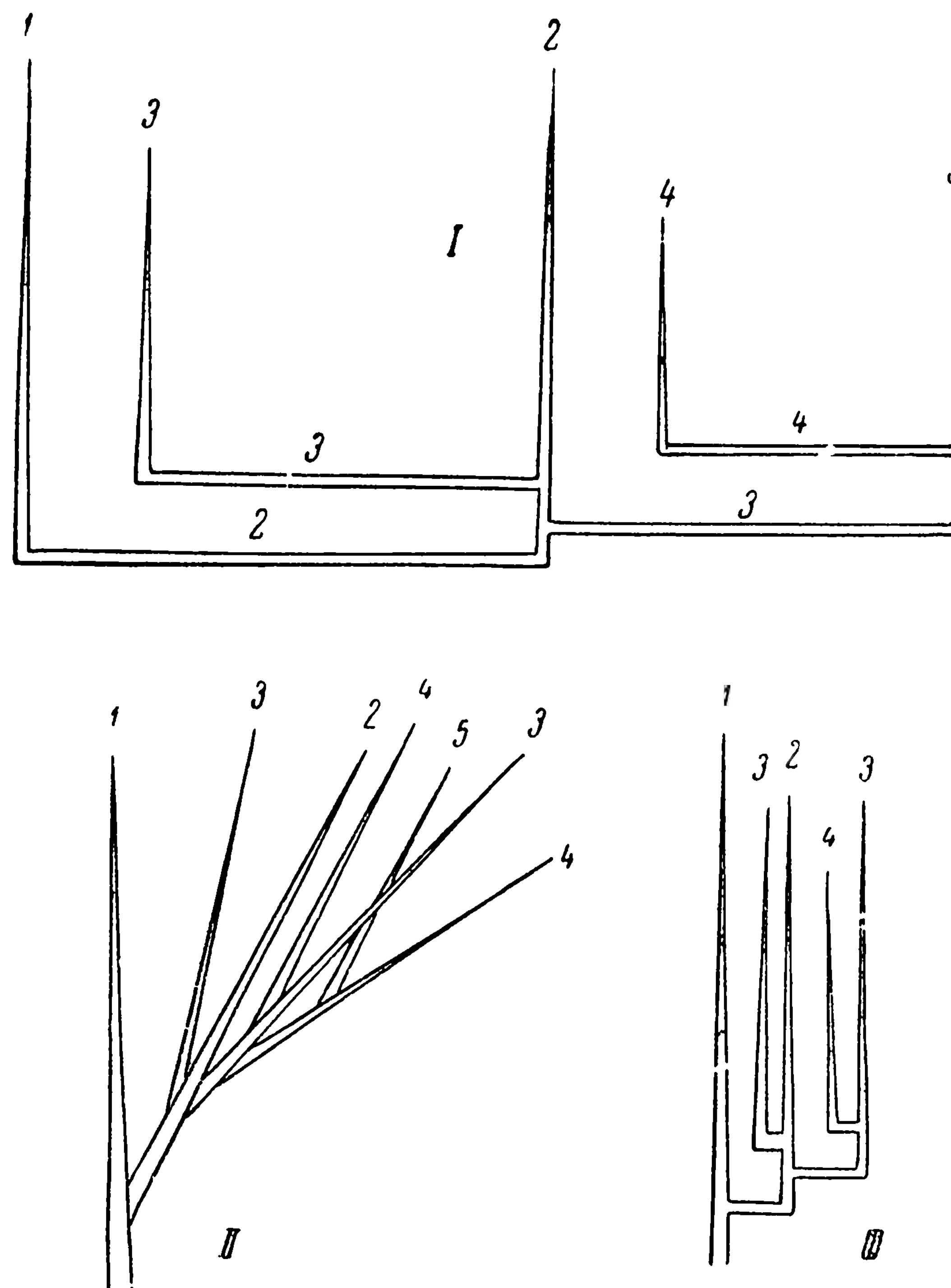



Рис. 14. Диаграмма трех основных типов кущения злаков:

*I* — корневищевый злак; *II* — рыхлокустовый злак; *III* — плотнокустовый злак; *1, 2, 3, 4, 5* — последовательные порядки побегов.

Тотчас по выходе из листового влагалища главного побега на корневище образуется узел, от которого отходит короткое первичное листовое влагалище, и за этим первым узлом корневища следует более или менее большое число удлиненных

междоузлий, несущих на каждом своем узле удлиненное листовое влагалище, на котором никогда не развивается листовой пластинки. В пазухах каждого листового влагалища корневища, в том числе и первичного, развивается два-три и больше придаточных корней, которые немедленно прободают листовые влагалища. Из пазух листовых влагалищ удлиненных междоузлий никогда не образуется побегов.

Пройдя некоторое пространство под поверхностью почвы, корневище круто под прямым углом изгибается кверху и тотчас за местом изгиба образует новый — вторичный — узел кущения, состоящий так же, как и в первом случае, из ряда тесно друг над другом расположенных узлов с укороченными междоузлиями, и над узлами кущения развивается ряд удлиняющихся междоузлий вертикальной надземной части побега.

Из пазух листовых влагалищ вторичного узла кущения, так же как и в первичном узле кущения, развиваются в последовательном порядке, начиная снизу, новые побеги третьего порядка, из которых первый снизу несколько загибается вниз до уровня побега второго порядка и служит продолжением корневища, которое таким образом ветвится симподиально. Остальные побеги третьего порядка развиваются несколько выше корневищ второго порядка.

При своем развитии корневища третьего порядка в точности повторяют все детали развития корневищ второго порядка (рис. 15 и 16).

Таким образом осуществляется симподиальное развитие побегов злака, при котором старший по порядку побег, пройдя некоторое расстояние в определенном направлении, загибается в сторону, и продолжение первоначального направления переходит к побегу следующего младшего порядка; последний также через некоторое расстояние, в свою очередь, отгибается в сторону, и продолжение первоначального направления развития переходит к побегу следующего младшего порядка и т. д.

В зависимости от продолжительности жизни побегов, присущей данному виду корневищевого злака, число порядков корневищ, располагающихся как бы этажами или горизонтами один над другим, может быть различно. В случае однолетней продолжительности жизни побегов или однолетнего периода достижения ими половой спелости ежегодно образуется лишь один горизонт корневищ, образующий рассеянные вокруг главного стебля удлиненные надземные побеги.

В случае многолетнего злака, в год своего образования ни главный побег, ни окружающие его укороченные побеги не образуют удлиненных побегов, а пребывают в укороченном состоянии. Лишь на второй год своего развития эти укороченные побеги удлиняются и образуют соцветия, и одновременно с этим из укороченных междоузлий их узлов кущения начинают образовываться новые корневища, образующие вокруг цветущих и плодоносящих побегов новые рассеянные укороченные побеги. Новые корневища всегда закладываются несколько выше корневищ предыдущего поколения, которые после созревания плодов на их надземных стеблях целиком отмирают со всей их корневой системой. Перезимовывающие в укороченном состоянии побеги могут сохранять все свои листья в течение зимы вплоть до весны будущего года, когда они по большей части отмирают и заменяются новыми листьями, которые зимовали внутри листовых влагалищ укороченного побега и выходят на свет по мере удлинения междоузлий удлиняющегося побега; реже перезимовавшие листья сохраняются до лета, в течение которого они в последовательном порядке, начиная со старшего, отмирают. У других видов укороченные побеги лишаются своих листьев уже осенью и перезимовывают, окруженные лишь остатками мертвых листовых влагалищ, или сохраняющих свою свернутую трубчатую форму, или распадающихся на продольные или сетчатые волокна своих отмерших сосудистых пучков вследствие быстрого разрушения паренхимы.

В случае продолжительности жизни побега, длящейся более

одного года, корневищевый злак в первый год своего развития так же, как и в первом случае, образует один горизонт корневищ с принадлежащими им укороченными побегами. На второй год укороченные побеги не претерпевают никаких изменений в части своей выше поверхности земли, но из их узлов кущения

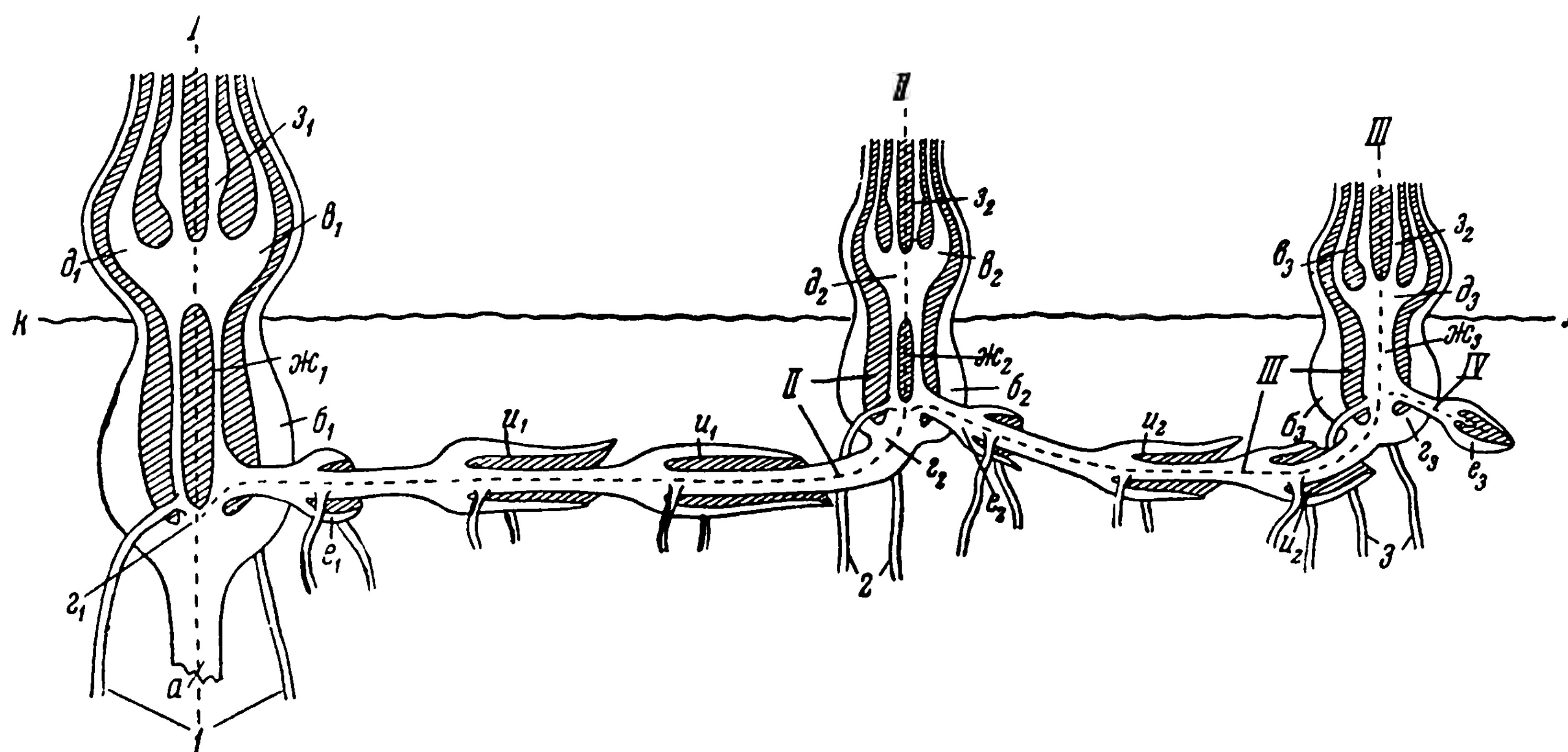



Рис. 15. Схема кущения корневищевого злака:

*а* — остаток надсеменодольного колена; *I*, *II*, *III*, *IV* — побеги первого, второго и т. д. порядка; *1*, *2*, *3* — придаточные корни соответствующих побегов; $б_1$, $б_2$, $б_3$ — первые листовые влагалища соответствующих побегов; $в_1$, $в_2$, $в_3$ — вторые листовые влагалища; $г_1$, $г_2$, $г_3$ — первые узлы; $д_1$, $д_2$, $д_3$ — вторые узлы; $е_1$, $е_2$, $е_3$ — короткие первичные листовые влагалища; $ж_1$, $ж_2$, $ж_3$ — первые междоузлия; $з_1$, $з_2$, $з_3$ — вторые междоузлия; $и_1$, $и_2$ — листовые влагалища удлиненных подземных побегов первого и второго порядков; *к*, *л* — уровень почвы.

развиваются один или два порядка почек, заложенных при основании укороченных междоузлий узлов кущения укороченных побегов. Из этих почек развивается второй горизонт корневищ, залегающий выше горизонта корневищ первого поколения и развивающий свои укороченные побеги.

В случае трехлетней и большей продолжительности жизни побегов ежегодно закладывается новый горизонт корневищ из очередных по порядку укороченных междоузлий узлов кущения побегов первого и второго поколения и из новых узлов куще-

ния, образующихся вследствие продолжения развития в длину корневищ первого и второго поколения. В этой сложной системе корневищ и укороченных побегов начинают удлиняться и образовывать стебли и соцветия лишь самые старшие поколения укороченных побегов через два, три или большее количество лет, потребное для достижения ими половой спелости, и одновременно с образованием ими удлиненных стеблей они образуют из почек последних — младших укороченных междоузлий своего узла кущения — последний горизонт корневищ и укороченных побегов. Начиная с этого момента достижения старшими побегами половой зрелости прекращается увеличение длины самих корневищ, так как ежегодно прирастает по одному горизонту корневищ и ежегодно отмирает по одному их горизонту. Укороченные многолетние побеги могут, как и в первом случае, сохранять свои листья в течение зимы или же ежегодно теряют их осенью и образуют новые листья путем постепенного выхождения из свернутых листовых влагалищ укороченных побегов новых листьев.

Сопоставляя все, что было сказано о корневищевых злаках, мы получим такую характеристику этого типа. Благодаря развитию длинных корневищ этот тип злаков способен быстро в кратчайший промежуток времени заполнить своими побегами большие поверхности почвы, выполняя их чрезвычайно равномерно рассеянным травостоем. Промежутки между отдельно рассеянными побегами у этих злаков во всех направлениях пересекаются длинными корневищами их, расходящимися радиально во все стороны и часто образующими несколько горизонтов, лежащих один над другим. Узлы кущения этих злаков лежат всегда под поверхностью почвы, и там же расположена бóльшая часть их стеблевых органов — корневища. Корни корневищевых злаков также обладают характерным габитусом; они всегда очень тонки, всегда сильно ветвятся и никогда не проникают глубоко в почву.

Все эти признаки совершенно определенно указывают на

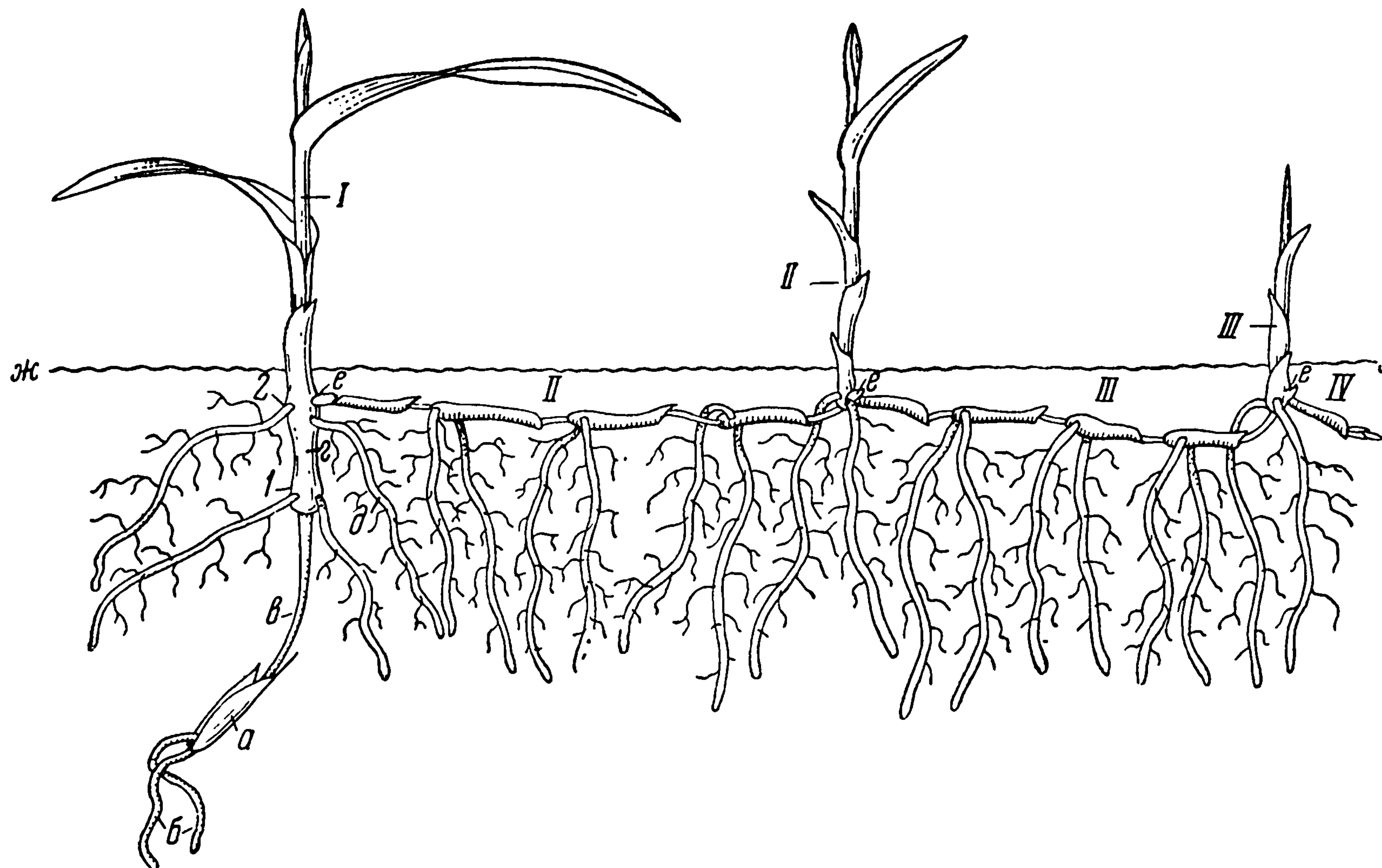



Рис. 16. Кущение корневищевого злака:

*а* — плод; *б* — первичные корни; *в* — надсеменодольное колено; *г* — второе (подземное) междоузлие; *д* — придаточные корни; *е* — первичные листовые влагалища; *I*, *II*, *III*, *IV* — побеги соответствующих порядков; *1* — первый узел главного побега; *2* — второй узел главного побега; *ж*, *з* — уровень почвы.

принадлежность корневищевых злаков к биологическому типу растений, приспособившихся к жизни в почве с ярко выраженными условиями аэробиозиса. На это прежде всего указывает чрезвычайное развитие подземных стеблей, покрытых массой листовых влагалищ и несущих обильные узлы кущения. Все эти органы требуют для своей жизнедеятельности обильного притока кислорода, и в этих растениях мы не встречаем приспособлений для проведения к ним воздуха помимо почвы через ткани растений. Совершенно так же и в тонких корнях этих растений мы совершенно не встречаем никаких приспособлений для искусственной, если так можно выразиться, вентиляции этих органов. Таковы общие черты луговых корневищевых

злаков. Резкую противоположность им представляют корневищевые злаки, обитающие или в среде, обильно пропитанной водой, или встречающиеся в воде; они представляют совсем иной биологический тип, и об нем мы будем подробно говорить особо. Возвращаясь к корневищевым луговым злакам, мы в них найдем и ряд других, так сказать, косвенных признаков, находящихся также в полном соответствии с условиями жизни в среде с ярко выраженными условиями аэробиозиса.

В аэробной обстановке мертвое органическое вещество разлагается быстро и полно, образуя при этом в качестве конечных продуктов минерализации своих элементов исключительно окисленные минеральные соли, легко растворимые в воде, содержащей угольную кислоту,— следовательно, все элементы зольного питания растений и азот, освободившиеся в формах, пригодных для восприятия автотрофно питающимися растениями. В полном соответствии с этим находится и то, что все корневищевые луговые злаки без исключения принадлежат к автотрофно питающимся растениям, и поэтому корневая система их не несет никаких приспособлений для симбиотрофного питания, и микориза в корнях корневищевых злаков не встречается.

В среде с ярким выражением аэробиозиса мертвое органическое вещество должно необходимо находиться в состоянии ровного рассеяния, так как концентрация его в плотных компактных массах неизбежно создаст условия анаэробиозиса внутри этих масс или внутри среды, в которой сосредоточено органическое вещество плотной массой, вследствие поглощения кислорода аэробным разложением ее поверхностных горизонтов и вследствие трудности механического проникновения в нее кислорода, обусловленного неизбежным скоплением в массе органического вещества большого количества воды, пропитывающей всю массу органического вещества и пребывающей в ней в состоянии полной неподвижности, вследствие огромной влагоемкости органического вещества.

Очевидно, что при рассеянном равномерно по среде органическом веществе и продукты его аэробного разложения должны также равномерно образовываться во всей массе ее, и образование их должно быть приурочено преимущественно к поверхностным горизонтам среды и для успешного использования этих зольных элементов и азота растения должны обладать тонко разветвленной корневой системой, равномерно и густо пронизывающей всю массу среды и сосредоточенной преимущественно в поверхностных ее горизонтах. Этим свойством как раз обладает корневая система корневищевых злаков, корневища которых разносят свои короткие и ветвистые корни, выходящие из каждого междоузлия, равномерно по всему обитаемому ими поверхностному горизонту почвы.

Наконец, образование всякого нового поколения корневищ выше горизонта залегания предшествующих поколений также является весьма целесообразным приспособлением, позволяющим новым органам, требующим обильного притока кислорода, избегать область скопления мертвого органического вещества, отлагающегося в форме корневищ предыдущего поколения, неизбежно отмирающих по образовании спелых плодов на их надземных побегах. Вместе с тем корни нового поколения корневищ почти всей длиной своих разветвлений развиваются как раз в том горизонте почвы, в котором происходит разложение органического вещества отмершего поколения корневищ.

К тому же типу корневищевых злаков могут быть отнесены и злаки с поверхностными ползучими побегами. В отличие от злаков с подземными корневищами, эти злаки развивают преимущественно интравагинальные побеги, которые на первом узле образуют длинное первичное листовое влагалище и под покровом листового влагалища, в пазухе которого была заложена почка, образовавшая побег, выходят над поверхностью почвы. Здесь побеги, изгибаясь и раздвигая и отклоняя листовое влагалище, из пазухи которого они вышли, достигают поверхности почвы и растут далее в длину, стелясь сверху почвы. При этом росте

могут быть несколько случаев. В одном случае побег развивает поочередно одно длинное и одно или два коротких междоузлия, из пазух листовых влагалищ последних развиваются вертикальный укороченный побег и один или два придаточных корня; из нижних узлов этого укороченного побега вновь тем же порядком развиваются горизонтальные надземные побеги, а верхняя часть его дает удлиненный побег; или же из укороченного побега прямо развивается новый надземный ползучий побег без образования плодоносящего побега; из пазух листовых влагалищ удлиненных междоузлий ползучего надземного побега никогда не образуется побегов, а только одни придаточные корни. В другом случае ползучий надземный побег образует сначала большее или меньшее число удлиненных побегов, образующих в пазухах своих листовых влагалищ исключительно придаточные корни, и после ряда удлиненных междоузлий образует одно-два или несколько укороченных междоузлий, из пазух листовых влагалищ которых развиваются, как и в первом случае, и пучок удлиненных плодоносящих побегов, и новые ползучие побеги, и придаточные корни. Корни этих ползучих надземных побегов ничем не отличаются от корней корневищевых злаков и или проникают в почву, или развиваются, стелясь по поверхности ее, под покровом лежащих на ней мертвых органических остатков.

* * *

При втором типе кущения в пазухах листовых влагалищ укороченных междоузлий узла кущения в последовательном порядке, начиная снизу, развиваются почки побегов, направление которых также отличается от направления каждой предыдущей почки на 90°, и одновременно из тех же пазух развиваются один или несколько придаточных корней, прободающих листовые влагалища под прямым углом к направлению стебля и немедленно по выходе из влагалища загибающиеся верти-

кально вниз. Образующиеся побеги всегда экстравагинальны, и по прободении листового влагалища они тотчас образуют короткое первичное листовое влагалище (рис. 17).

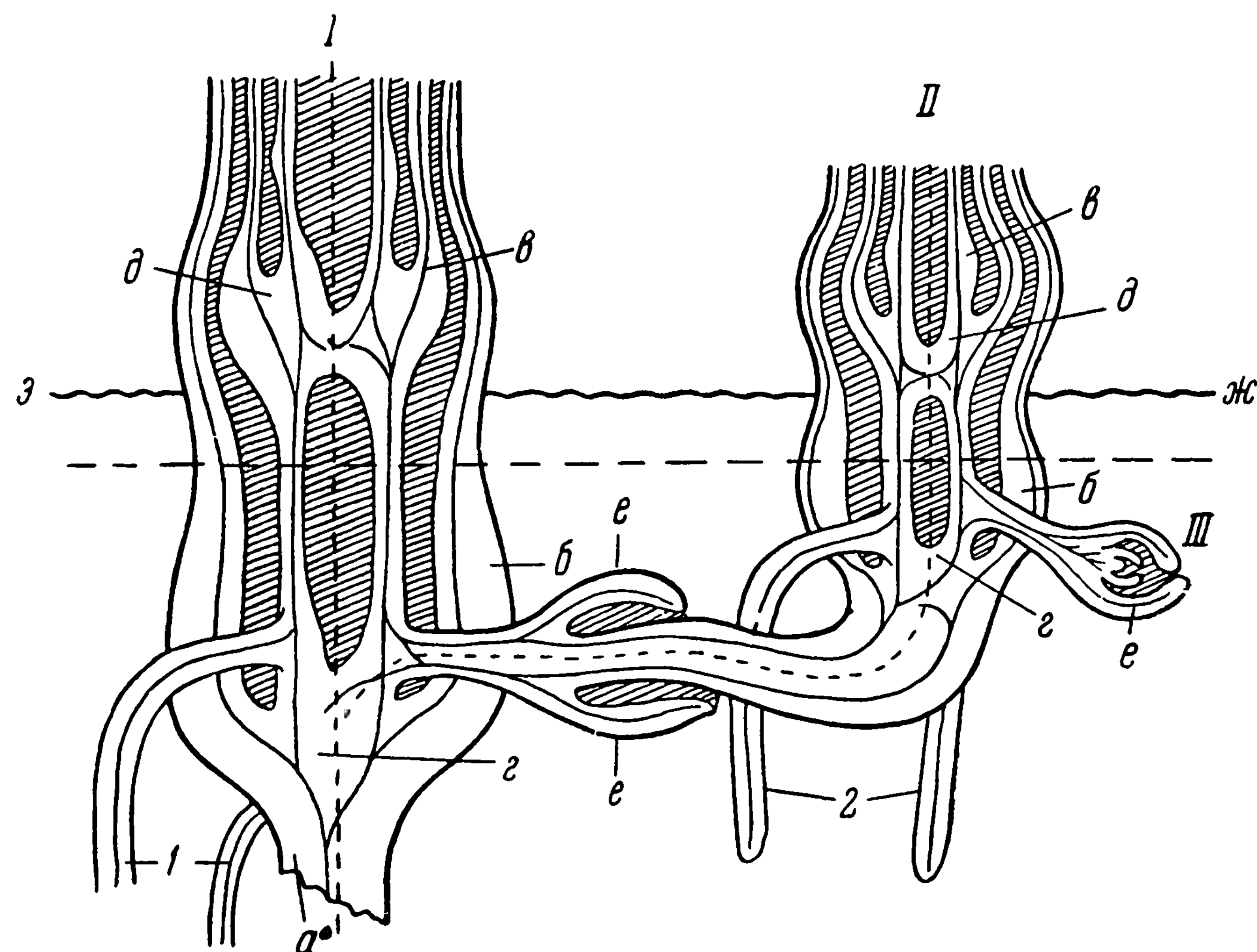



Рис. 17. Схема кущения рыхлокустового злака с экстравагинальными побегами:

*а* — остаток надсеменодольного колена; *I*, *II*, *III* — побеги первого и т. д. порядка; *1*, *2* — придаточные корни второго и третьего порядка; *б* — первое листовое влагалище; *в* — второе листовое влагалище; *г* — первый узел; *д* — второй узел; *е* — короткое первичное листовое влагалище; *ж*, *з* — уровень почвы.

Вслед за тем образуется одно удлиненное междоузлие, которое круто загибается наверх и под удлиненным листовым влагалищем, выходящим на поверхность почвы и образующим зачаточную укороченную листовую пластинку, образует тесно сидящие одно над другим три, четыре укороченных междоузлия, составляющих в своей совокупности узел кущения второго порядка. Листовые влагалища укороченных междоузлий узла кущения все выходят выше поверхности почвы, и каждое из

них в последовательном порядке длиннее предыдущего и каждое несет на конце листовую пластинку, все более увеличивающуюся в длину на каждом следующем листовом влагалище (рис. 18). Над последним междоузлием узла кущения закладываются уже над поверхностью почвы способные удлиняться путем вставочного роста укороченные междоузлия вторичного побега злака.

Из узлов кущения вторичного побега в том же году развиваются придаточные корни и побеги третьего порядка совершенно по той же схеме, как и из узла кущения первого порядка, и в таком порядке в зависимости от продолжительности жизни побегов, который был нами рассмотрен при разборе условий кущения корневищевых злаков.

Все однолетние злаки, равно как и озимые, кустятся по этой схеме кущения рыхлокустовых злаков с тем отличием, что или все образовавшиеся при их кущении побеги всех порядков образуют цветоносные и плодоносящие стебли в год своего развития, или по прошествии ближайшей зимы у озимых злаков, или же стебли или побеги, которые не достигли стадии цветения и плодоношения, отмирают вместе с побегами, принесшими спелые плоды, и лишь в редких случаях, как мы уже упоминали выше, эти побеги, не образовавшие цветоносных стеблей, продолжают жить в течение еще одного года.

В большинстве случаев побеги рыхлокустовых злаков по выходе на дневную поверхность продолжают развиваться в стебли, стоящие совершенно вертикально, но у некоторых видов, преимущественно у однолетних и двулетних, начинающий развиваться над поверхностью почвы стебель образует одно или два удлиненных нижних междоузлия, развивающихся в горизонтальном или наклонном положении в направлении от вертикального побега первого порядка, и только второе или третье междоузлие этих побегов принимают вертикальное положение. Такие стебли носят название *коленчатых* и могут из своих прилегающих к поверхности

почвы узлов развить придаточные корни, но никогда не образуют из них побегов.

Корневая система рыхлокустовых злаков ничем не отличается от корневой системы корневищевых злаков. Это типичная корневая система растений автотрофного типа питания с тонкими обильно разветвленными корнями, и единственное отличие этих корней от тех же образований корневищевых злаков заключается в большей средней глубине проникновения первых в почву, причем эти корни пользуются для этой цели всякими трещинами в почве, ходами червей и личинок насекомых и других животных и полостями, в которых раньше развивались отмершие и разложившиеся корни других растений.

Разница между рассмотренными нами двумя биологическими типами злаков — корневищевых и рыхлокустовых — невелика. По строению и характеру своей корневой системы оба эти типа представляют растения, приспособившиеся к жизни в среде, в которой ясно выражено преобладание аэробного разложения мертвого органического вещества и нахождение поэтому элементов зольного и азотного питания растений в состоянии легко растворимых в воде с углекислотой окисленных минеральных соединений.

Но в рыхлокустовых злаках стеблевые образования, требующие для своего развития усиленного притока кислорода, стремятся немедленно по своем образовании покинуть почву, образуя рыхлый куст, побеги которого беспрерывно стремятся удалиться от очагов скопления мертвого органического вещества, отлагаемого самим растением в виде ежегодно отмирающих побегов, принесших спелые семена.

Мы уже видели, что корневищевые злаки своим присутствием являются выразителями яркого и сплошного выражения условий аэробиозиса в обитаемой ими почве. В то же время присутствие рыхлокустовых злаков уже служит признаком нарушения непрерывности распространения условий аэробио-

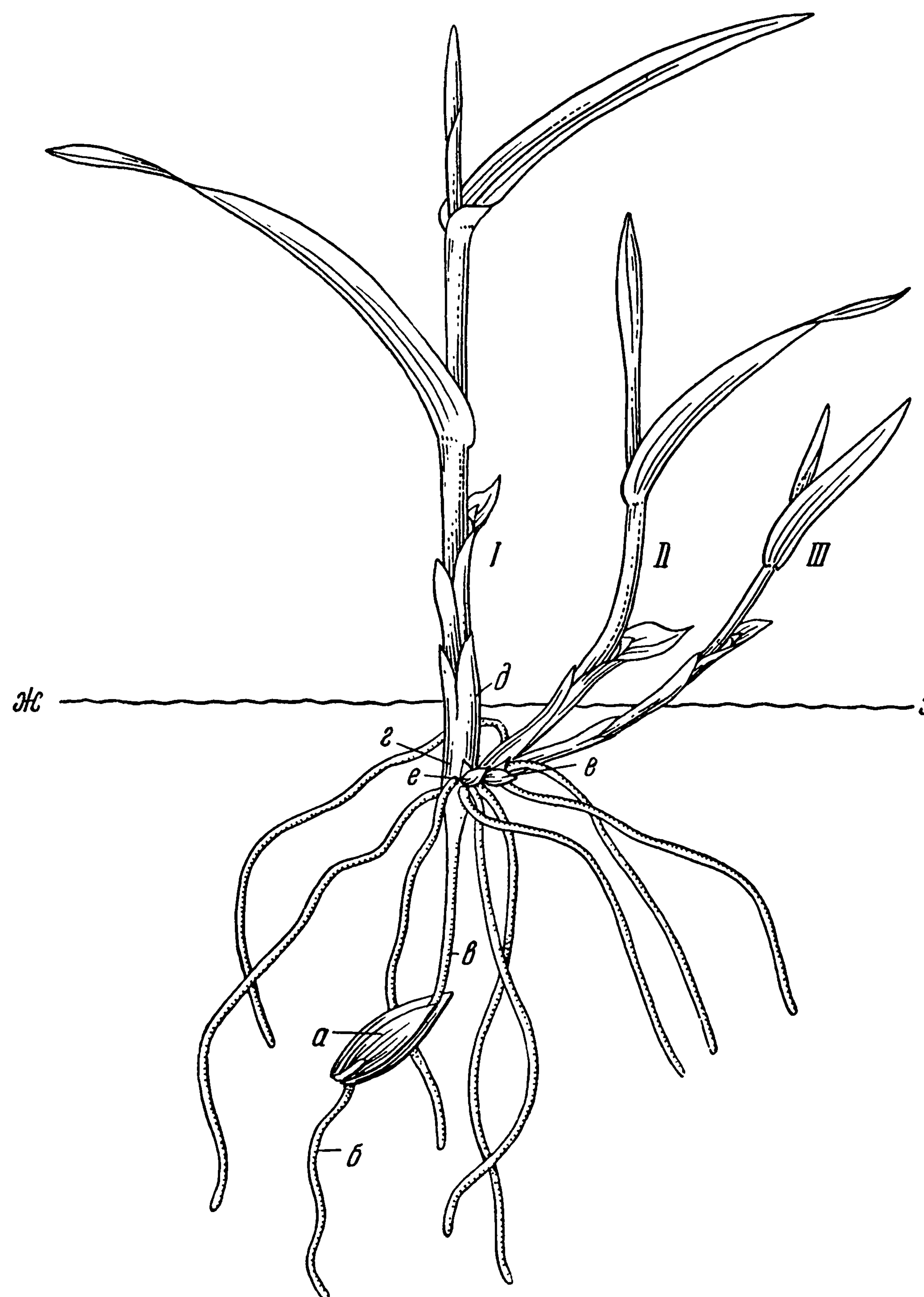



Рис. 18. Кущение рыхлокустового злака:

*I*, *II*, *III*—побеги первого, второго и третьего порядков; *а*—плод; *б* — главный корень; *в* — надсеменодольное колено; *г* —узел кущения; *д* — зародышевое листовое влагалище; *е* — первичное листовое влагалище; *ж*, *з* — уровень почвы.

зиса в почве и выдает существование лишь отдельных очагов аэробиозиса в общем фоне начала появления условий анаэробного разложения мертвого органического вещества, разложение которого является, как мы уже знаем, одновременно и причиной и следствием накопления в почве мертвого органического вещества.

В природе существуют и переходные типы кущения злаков между корневищевым и рыхлокустовым. У некоторых видов при развитии побегов второго и следующих младших порядков большинство их развивается по типу рыхлокустового кущения, но некоторые побеги, преимущественно младших порядков, развивающихся из наиболее близких к поверхности почвы укороченных междоузлий узла кущения, развиваются в более или менее длинные типичные корневища. Эти корневища, пройдя некоторое расстояние под поверхностью почвы, загибаются вверх, образуют новый узел кущения, который, подобно первому, кустится по типу рыхлокустовому и опять из младших укороченных своих междоузлий образует корневища, которые, в свою очередь, повторяют вновь ту же комбинацию типов кущения.

* * *

Злаки, кустящиеся по третьему типу, или плотнокустовые, могут представлять два варианта — они могут образовать экстравагинальные побеги (рис. 19 и 20) или они дают интравагинальные побеги (рис. 21 и 22).

И в том и в другом случае существенным признаком, отличающим этот тип кущения от двух предыдущих, является положение узла кущения выше поверхности почвы, тогда как у рыхлокустовых и особенно у корневищевых злаков узел кущения всегда расположен ниже поверхности почвы, и в этом отношении образование надземных ползучих побегов, рассмотренное нами выше, представляет скорее разность этого типа кущения, а не корневищевого, так как надземные побеги всегда образуются из интравагинальных побегов. Побеги, развиваю-

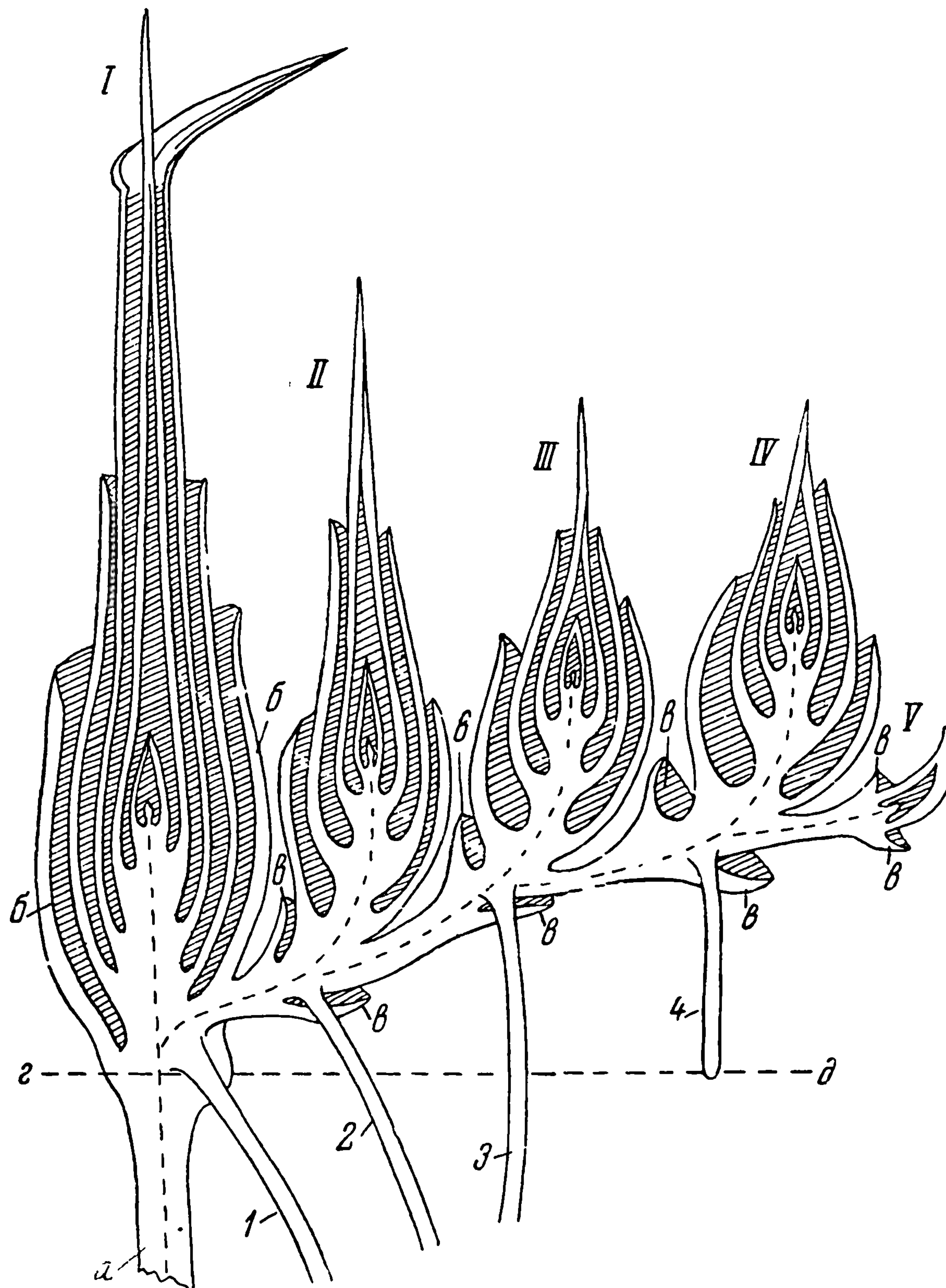



Рис. 19. Схема кущения плотнокустового злака с экстравагинальными побегами:

*а* — остаток надсеменодольного колена; *б* — зародышевое листовое влагалище; *в* — первичные листовые влагалища; *I*, *II*, *III*, *IV*, V — побеги первого, второго и т. д. порядков; *1*, *2*, *3*, *4* — придаточные корни соответствующих побегов; *г*, *д* — уровень почвы.

щиеся у плотнокустовых злаков, образуют в случае экстравагинального кущения короткие первичные листовые влагалища тотчас после прободения побегом листовых влагалищ побега

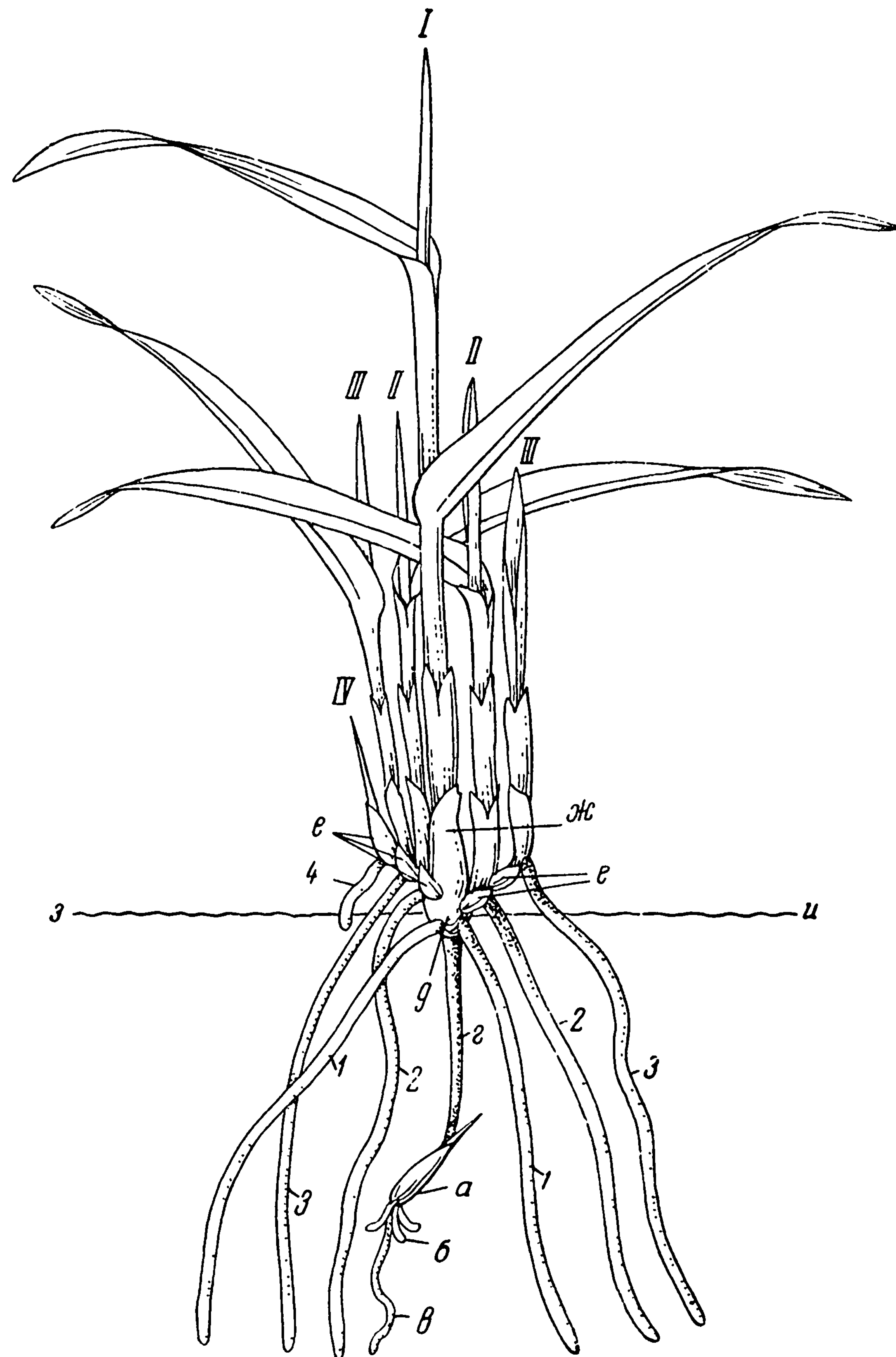



Рис. 20. Кущение плотнокустового злака с экстравагинальными побегами:

*а* — плод; *б* — ветвистое корневое влагалище; *в* — главный корень; *г* — надсеменодольное колено; *д* — узел кущения; *е* — первичные листовые влагалища; *ж* — зародышевое листовое влагалище; *I*, *II*, *III*, *IV* — побеги соответствующих порядков; *1*, *2*, *3*, *4* — придаточные корни соответствующих побегов; *з*, *и* — уровень почвы.

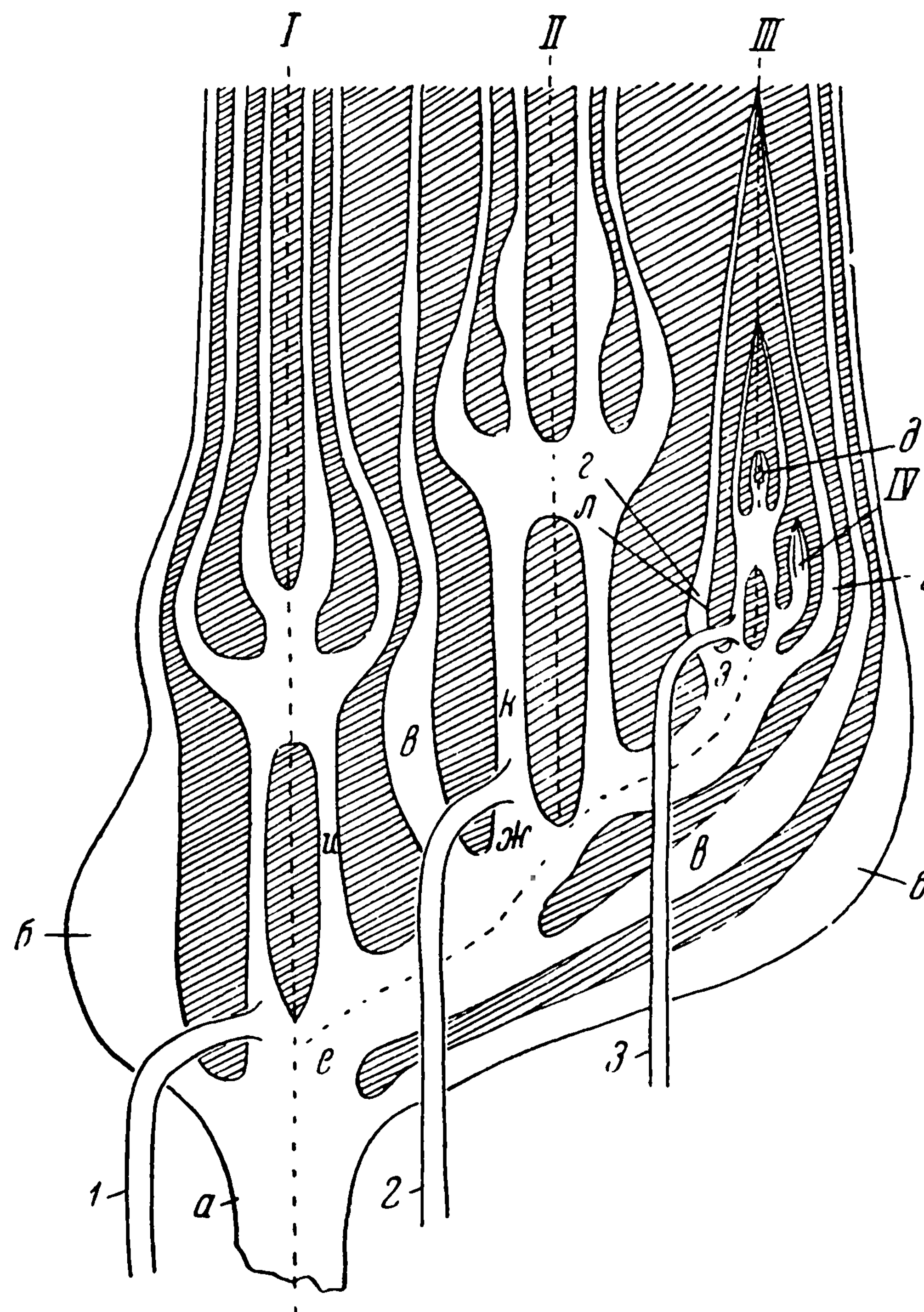



Рис. 21. Схема кущения плотнокустового злака с интравагинальными побегами:

*а* — остаток надсеменодольного колена; *I*, *II*, *III*, *IV* — побеги первого, второго и т. д. порядков; *1*, *2*, *3* — придаточные корни второго, третьего и т. д. порядков; *б*—первое листовое влагалище; *в*, *г*, *д* — длинные первичные листовые влагалища; *е*, *ж*, *з* — первые узлы последовательных побегов; *и*, *к*, *л* — первые междоузлия последовательных побегов.

старшего порядка, и побег круто загибается вверх и продолжает свое дальнейшее развитие при полном соприкосновении своей нижней части с такими же частями побега старшего порядка; вследствие такого крутого изгиба коротких побегов

вверх получается неизбежное направление всех новых побегов вверх по направлению от поверхности почвы и образование плотного куста, прикасающегося к почве своей центральной частью и поднимающегося над поверхностью почвы в своей периферической части. Так как вследствие большой густоты куста его стебли и укороченные побеги, не скрепленные между собой в верхних частях и удерживаемые снизу в своем положении лишь короткими побегами, расходятся во все стороны в радиальном направлении, то весь куст принимает вид полукруглой кочки.

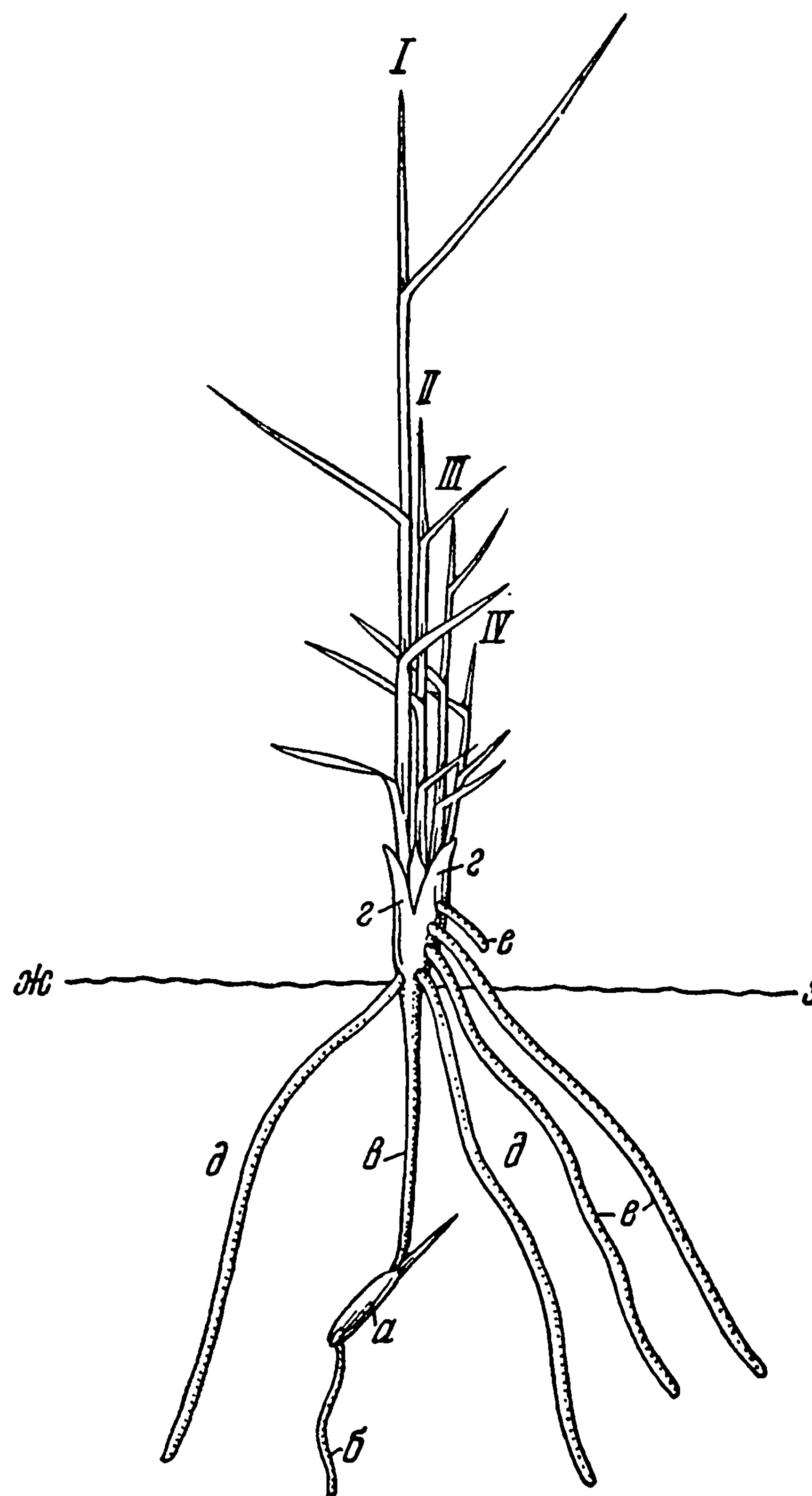



Рис. 22. Кущение плотнокустового злака с интравагинальными побегами:

*а* — плод; *б* — главный корень; *в* — надсеменодольное колено; *г* — зародышевое листовое влагалище; *д* — вторичные корни; *I*, *II*, *III*, *IV* — побеги первого, второго и т. д. порядка; *е* — придаточные корни побегов; *ж*, *з* — уровень почвы.

При интравагинальном кущении побег младшего порядка сразу принимает положение, параллельное побегу старшего порядка, и развивается в тесном соприкосновении с ним, не покидая его листового влагалища, в пазухе которого он развился, и при этом побеги развивают всегда длинное первичное

листовое влагалище. Само собою разумеется, что в этом случае получается еще более плотный у своего основания куст, из которого удлиненные побеги расходятся также в радиальных направлениях. В случае, если побеги интравагинального плотнокустового злака требуют несколько лет для достижения своей половой спелости, количество их, развивающееся в одном листовом влагалище побега старшего порядка, настолько возрастает, что листовые влагалища раскрываются, и ряд последовательных побегов, соединенных между собою очень короткими междоузлиями, расползается радиально из одного центра, образуя как бы короткие корневища, густо усеянные соприкасающимися побегами.

В тех случаях, когда по каким-нибудь причинам узлы кущения плотнокустовых злаков оказываются прикрытыми почвой, как это часто бывает на летучих песках, наносимых ветрами к кустам этих злаков, или если вокруг куста наносится масса мертвых органических остатков, погребающих его узлы кущения, из младших узлов кущения, еще не развивших побегов с короткими междоузлиями, развиваются побеги с удлиненными междоузлиями. Эти побеги направляются сначала внутри листового влагалища, в пазухе которого они образовались, а затем, перерастая его, направляются вертикально вверх, и, не образуя из своих узлов ни новых побегов, ни придаточных корней, развиваются до тех пор, пока не достигают новой поверхности почвы, непосредственно над которой эти побеги образуют несколько узлов с укороченными междоузлиями, и эти узлы, образуя из своей совокупности новый узел кущения, дают начало новому плотному кусту, заменяющему собою погребенный отмирающий куст.

Было предположено выделить плотнокустовые злаки, обладающие этой способностью, в особый тип ложнокорневищевых злаков (pseudorepentes), с чем, однако, вряд ли можно согласиться, так как кроме плотнокустовых злаков, преимущественно обитающих на сыпучих песках, как, например, Festuca

ovina L. и Molinia coerulea Moench., у которых особенно часто наблюдается образование этих ложных корневищ; подобные же вертикальные корневища, как обычное явление, наблюдаются и у некоторых корневищевых злаков, обитающих на песках, например, у Elymus arenarius L.,у Agropyrum repens P. Beauv., у Agropyrum junceum P. Beauv., у Calamagrostis epigeios Roth и т. п.

Вдумываясь в биологическое значение третьего типа кущения луговых злаков — плотнокустового, мы неизбежно придем к выводу, что этот тип мог выработаться, как результат приспособления к использованию земных агентов жизни растений, сосредоточенных в почве, находящейся в безраздельном господстве полного анаэробиозиса, причиной которого, в свою очередь, может быть скопление мертвого органического вещества, равномерно распределенного по всей массе почвы в подавляющем по объему количестве. Только господство анаэробных условий могло заставить все органы, требующие для своего развития обильного притока кислорода, избегать почвы, хотя при подобном удалении из рыхлой среды почвы эти органы лишаются обстановки равномерной влажности и смягченных колебаний температуры и подвергаются всем случайностям попеременного увлажнения и высыхания и резких колебаний температуры, особенно сильных в течение ранних весенних дней, когда только что начавшие развиваться молодые побеги особенно богаты содержанием воды и поэтому особенно чувствительны к понижению температуры ниже 0°, что как раз легко наступает на почвах, богатых содержанием органического вещества.

Необходимость защиты наиболее молодых и нежных частей растений — узлов кущения, требующих, подобно всем органам, находящимся в состоянии усиленного деления и развития клеток, равномерного обильного совместного и единовременного притока кислорода и влаги и равномерных условий температуры, должна была повлечь за собою выживание, а следовательно, и естественный отбор в среде, переполненной

органическим веществом, только таких растений, у которых узлы кущения развиваются вне почвы и одновременно защищены и от колебаний влажности и от колебаний температуры. Подобным приспособлением в данном случае и является плотность куста.

Эта плотность куста создает вокруг узлов кущения массу органического вещества, частью живого, частью мертвого, которое плотно окружает узлы кущения и постепенно расходится кверху вследствие радиального расположения всех элементов куста. Благодаря такому строению куста кислород свободно проникает в него путем диффузии сверху; узлы же кущения совершенно защищены от высыхания тем, что масса сплетенных живых и мертвых листовых влагалищ во внутренней части куста удерживает большое количество атмосферной воды, которая защищается от испарения с боков куста наружным слоем рыхло расположенных листовых влагалищ, которые у большинства плотнокустовых злаков рано отмирают и обращаются в объемистый волокнистый или сетчатый покров; сверху высыханию куста препятствует защита густой сети массы живых и частей мертвых стеблей, переплетенных отходящими от них листьями.

Тот же покров живого и мертвого органического вещества, защищающий куст плотнокустового злака от высыхания созданием застойной, трудно обменивающейся атмосферы среди наружных, быстро высыхающих элементов куста, этим самым создает и надежную защиту от резких колебаний температуры.

Что действительно условия анаэробиозиса, получающиеся в результате массового скопления органического мертвого вещества, послужили причиной развития узлов кущения плотнокустовых злаков выше поверхности почвы, находит себе подтверждение в характере корневой системы этих злаков. Здесь мы встречаем корни, резко разнящиеся по своему строению от корней корневищевых и рыхлокустовых злаков. Вместо тонких мелкоразветвленных, неглубоко проникающих в почву и выхо-

дящих по нескольку из каждой пазухи листового влагалища корней злаков корневищевых и рыхлокустовых, мы у злаков плотнокустовых встречаем преимущественно корни, выходящие по одиночке из каждого листового влагалища, причем эти одиночные корни большей частью бывают толстыми, почти лишенными разветвлений, и проникают глубоко в почву. Значитель-

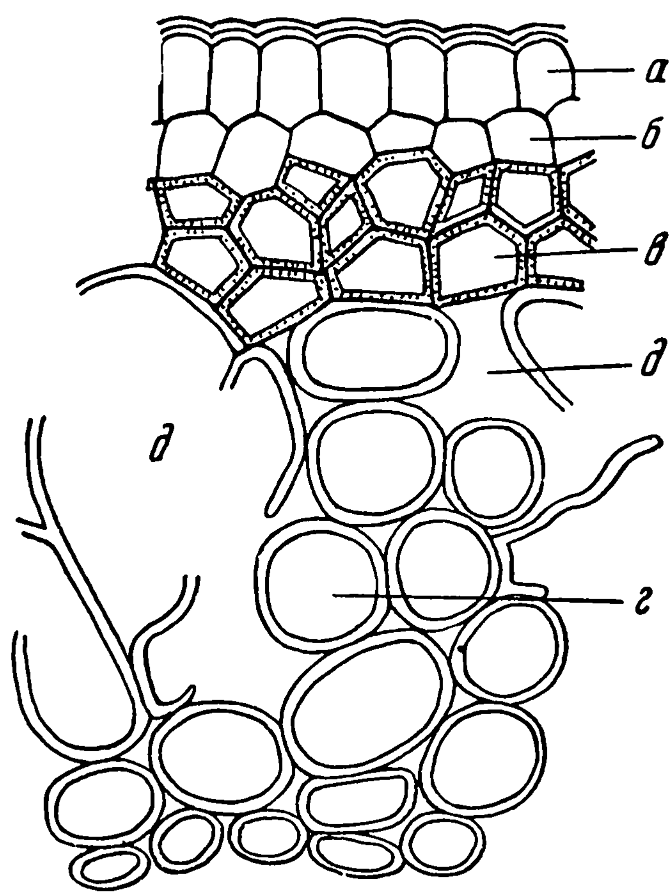



Рис. 23. Воздухоносные полости корня злака:

*а* — эпидермис; *б* — экзодермис; *в* — утолщения экзодермиса; *г* — внутренний слой коры; *д* — резорбированные клетки внутреннего слоя коры.

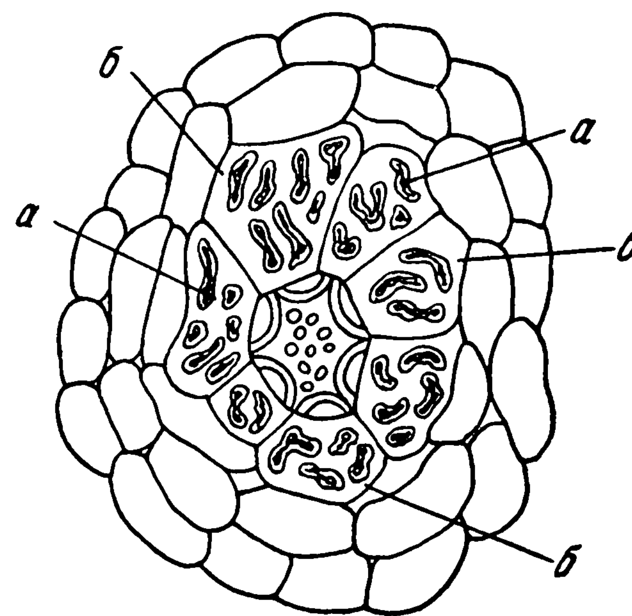



Рис. 24. Микориза в ткани корня злака:

*а* — клетки, наполненные мицелием гриба; *б* — межклеточные пространства.

ная толщина корней плотнокустовых злаков зависит от чрезвычайного развития межклетных промежутков их тканей — преимущественно тканей коры. Эти межклетные промежутки играют роль вентиляционных ходов и часто достигают чрезвычайного развития путем резорбции клеточных стенок на радиальных участках паренхимы коры, так что получается система

воздухоносных каналов, окружающих каждый корень по всей его длине (рис. 23). Воздухоносная ткань корней плотнокустовых злаков, или их *аэренхима*, непосредственно сливается с воздушными полостями их листовых влагалищ и часто и листовых пластинок. Эти воздухоносные полости надземных органов злаков проходят среди зеленой ассимилирующей ткани, и в них поступает свободный кислород, получающийся в результате разложения угольной кислоты, и поэтому по ним к корням притекает почти чистый кислород.

Такая усиленная вентиляция корневой системы плотнокустовых злаков имеет целью не только доставить дыхательный кислород их корням, развивающимся в среде господства анаэробиозиса, но и доставить кислород тем бесхлорофильным организмам, которые должны развиваться в корнях этих злаков и в их непосредственной близости и без помощи которых неосуществимо зольное и азотное питание этих злаков, живущих в анаэробной среде, в которой зольные элементы их питания преимущественно, а азот весь находятся в форме органического вещества; часть же зольных элементов, находящаяся в почве в форме минеральных соединений, должна находиться в состоянии соединений восстановленных; ни та, ни другая форма питания не пригодна для непосредственного восприятия корнями зеленых растений, и только посредничество бесхлорофильных организмов — грибов и бактерий — может сделать минеральные соединения органического вещества почвы доступными усвоению корнями зеленых растений. Упомянутые же бесхлорофильные организмы, как аэробные, не способны к самостоятельному развитию в среде, в которой господствуют условия анаэробиозиса. Таким образом слагаются условия неизбежного симбиотического сожительства плотнокустовых злаков или с аэробными бактериями, или с грибами, и действительно все плотнокустовые злаки представляют растения или бактериотрофного, или микотрофного типа питания.

Микотрофность многих плотнокустовых злаков твердо установлена непосредственным наблюдением (рис. 24). Гораздо более трудную задачу для непосредственного наблюдения — едва ли разрешимую этим путем — представляет установление бактериотрофности многих плотнокустовых злаков, хотя ряд соображений, так сказать, косвенных доказательств, неопровержимо устанавливает безусловную необходимость для них этого типа питания.

Мы всегда наблюдаем, что в почве, обитаемой плотнокустовыми злаками, обычно окрашенной в серые или черные цвета различных оттенков вследствие восстановления в состояние закисных соединений всех окисных соединений железа, окрашивающих более глубокие слои обычной почвы в красные и желтые оттенки, на общем сером фоне вкраплены красные пятна и жилки. Внимательное наблюдение показывает, что эти красноватые жилки представляют как бы цилиндрики красноватой почвы, окружающие живые корни плотнокустовых злаков. Смысл этого изменения цвета почвы ясен; очевидно, что под влиянием кислорода, приводимого корнями этих растений и проникающего в почву, закисные соединения железа последней окисляются в окисные соединения. Совершенно очевидно, что такого рода окислительная деятельность корней злаков для них совершенно бесполезна, так как потребность в питании железом крайне ограничена, а кроме железа, такой прием может доставить растению лишь серу, которая в такой почве переходит в окисные соединения из сернистого железа. Но невозможно предположить, чтобы в почве, переполненной мертвым органическим веществом, могли возникнуть очаги аэробиозиса без того, чтобы в них не возникла богатая аэробная бактериальная флора, споры которой, конечно, сохранились в такой почве со времени периода господства в ней аэробного процесса разложения органического вещества, и продукты жизнедеятельности этой аэробной флоры, возникающие в непосредственной близости корней злаков, должны служить минеральной пищей для этих

растений. Иначе нельзя себе представить процесс питания плотнокустовых злаков элементами золы и азотом в почве, вполне пропитанной органическим веществом и водой — его неизбежным спутником.

Предположение, что плотнокустовые злаки основывают свое зольное и азотное питание на продуктах процессов аэробного распада мертвого органического вещества, протекающих в поверхностных горизонтах всякой почвы, не находит себе оправдания, ибо продукты этого разложения не могут проникнуть в массу почвы, насквозь пронизанной органическим веществом, которое всегда наполнено водой, и новое количество последней, могущее внести питательные элементы, не может проникнуть в такую почву.

Кроме того, в этом случае совершенно не нашла бы себе оправдания и объяснения способность плотнокустовых злаков образовывать глубоко проникающие в почву малоразветвленные корни; для целей питания продуктами аэробного распада поверхностного органического вещества, несомненно, более подходила бы неглубокая, обильно разветвленная корневая система, какую мы встречаем у корневищевых злаков.

Наконец, даже в случае микотрофного питания плотнокустового злака совершенно не находит себе объяснения механизм его азотного питания, так как и при грибном, равно как и при анаэробном разложении органического вещества, весь азот его выделяется частью в форме свободного азота, частью в форме азота органического вещества — креновой кислоты в первом случае и ульминовой кислоты во втором случае, и для объяснения питания плотнокустовых злаков азотом приходится допустить, как единственное возможное объяснение, симбиотическое сожительство их с аэробными бактериями даже в том случае, когда мы имеем дело с злаком, на корнях которого развивается микориза.

Таковы три основных биологических типа луговых злаков, существование которых определяется характером их зольного

и азотного питания, которое, в свою очередь, определяется степенью богатства обитаемой ими почвы органическим веществом и зависящим от него господством аэробного или анаэробного процесса его разложения.

* * *

Богатый представителями род Carex — осоки — ясно подразделяется на несколько биологических типов, из которых большинство, однако, входит в состав других групп луговой растительности, кроме второй, которая сейчас подлежит нашему рассмотрению. Вторая же группа луговой растительности, представленная осоками, заключает в себе лишь крупные осоки, образующие большей частью высокие кочки. Эту группу большей частью принято объединять под названием Magnocarices — больших осок. По типу своего развития эти осоки представляют большое сходство с плотнокустовыми злаками — их узел кущения также расположен над поверхностью почвы и также для защиты узла кущения от колебаний влажности у них выработался плотный куст с длительно сохраняющимися остатками отмерших листовых влагалищ, обволакивающими основание куста то сетчатой, то волокнистой рыхлой оболочкой, в создании которой видное участие принимают и отмершие листья этих растений.

Ярко выраженное стремление побегов этих растений избегнуть массы мертвого органического вещества, быстро накопляемого благодаря крупным размерам их листьев и стеблей, достигающих часто 60—80—100 см, осуществимое при помощи круто поднимающихся вверх побегов, приводит к быстрому образованию высоких, до 70—100 см, кочек, на вершине которых помещены живые зеленые органы крупных осок.

Масса органического вещества кочки подвергается двоякого рода разложению. Очевидно, что с поверхности кочки будет ярко выражен аэробный процесс разложения. Кочки овеваются со всех сторон воздухом и сохраняют почти без пере-

основание кочки непосредственно соприкасается с почвой, содержащей значительное количество воды, сдерживаемой в ней мертвым органическим веществом, и поэтому, несмотря на медленность передвижения воды в органическом теле кочки, сравнительно быстро возобновляет запас воды, теряемой испарением, благодаря близости источника воды; вследствие сказанного остается средняя область кочки, считая по высоте ее, в которой запас воды возобновляется медленно и в которой почти не содержится живых корней осок. Эта область и является преимущественным местом, где в сухое время года аэробный процесс находит наилучшее свое выражение, и поэтому вследствие более быстрого темпа своего разрушения эта область всегда представляется утонченной, и кочка осок всегда имеет широкое основание, переходящее в утонченную шейку, на которой сверху расположена вновь расширяющаяся часть, заключающая живые корни последних поколений — побегов осоки, и выше располагается сам куст побегов осоки.

Корневая система этих крупных осок, образующих кочки, представляет исчерпывающее приспособление для использования элементов зольного и азотного питания. В них мы встречаем два типа корней: одни очень толстые, глубоко проникающие в массу кочки, сосредоточенные исключительно в центральной — внутренней области тела кочки. Корни эти обладают прекрасно развитой воздухоносной тканью, которая непосредственно связана с воздухоносной системой листьев и стеблей этих растений. При посредстве этих корней осоки симбиотрофным путем, при помощи мицелия грибов или бактерий, используют непосредственно органическую массу кочки. Одновременно те же осоки обладают и корнями иного типа, развивающимися исключительно по периферической части кочки и оплетающими ее густым войлоком, сосредоточенным главным образом вокруг утонченной шейки кочки и в области непосредственно за ней следующего расширения основания кочки и иногда выстилающим и пониженные промежутки между коч-

рыва благоприятные условия влажности вследствие густого затенения их обильной живой листвой осок и защиты их нависающими мертвыми листьями, а также потому, что атмосферная вода, падающая на поверхность почвы, быстро стекает с кочек в промежутки между ними, где она и застаивается на продолжительное время, не просачиваясь вглубь, вследствие непроницаемости мертвого органического вещества, и не стекая с поверхности, вследствие огромного механического сопротивления неровной кочковатой поверхности, а равно и испаряясь весьма медленно из-за густого затенения поверхности почвы могучей зеленой массой осок. Этот аэробный процесс разложения органического вещества поверхности кочек представлен настолько ярко, что в конце лета во время длительного господства продолжительных бездождных периодов на верхних частях тела кочек образуются белые выцветы минеральных продуктов аэробного разложения органического вещества. После наступления дождливой погоды выцветы, образовавшиеся приблизительно на половине высоты кочек или несколько выше, не исчезают совершенно, а лишь теряют свой яркий белый цвет и кристаллическую форму и остаются в форме желтоватых разводов совершенно аморфного вида. В это время они состоят из водной аморфной кремневой кислоты, также продукта аэробного разложения органического вещества, отлагаемого осоками, в состав которого кремневая кислота входит в очень значительном количестве. Кристаллические же вещества, входящие в состав выцветов на теле кочки и легко растворяющиеся в дождевой воде, состоят из гипса, известковой селитры и хлористого натрия.

Очевидно, что внутренняя область кочек должна сосредоточивать интенсивно выраженные условия анаэробиозиса, в которых мертвое органическое вещество будет длительно сохраняться.

Верхняя часть кочки содержит еще значительное количество живого органического вещества, неспособного разлагаться;

ками. Таким образом, этот второй тип корней развивается преимущественно в области господства аэробного разложения мертвого органического вещества кочки и в области, куда непосредственно вымываются атмосферными осадками минеральные продукты этого аэробного разложения, так как в массу органического вещества кочки эти растворенные в воде вещества проникнуть не могут, ибо эта масса органического вещества сплошь пропитана неподвижной волосной водой.

Корни второго типа представляют очень длинные и очень тонкие образования, совершенно лишенные воздухоносной ткани. Они развиваются, многократно изгибаясь правильными короткими коленами, и из каждой выгнутой части колена развивается короткая веточка, иногда также коленообразно изогнутая и несущая также по короткой ветке на тех же внешних сторонах выступов колена. Эти корни развивают многочисленные корневые волоски, которые отсутствуют на толстых корнях первого типа.

Корни второго типа представляют типичные корни автотрофного типа питания и используют элементы зольного и азотного питания, освобождающиеся при аэробном разложении мертвого органического вещества кочки в области ее, о которой было сказано выше.

В своем развитии осоки очень близко стоят к злакам, отличаясь от них лишь деталями процессов своего прорастания и кущения, повторяя те же три основных типа осок корневищевых, рыхлокустовых и плотнокустовых; поэтому на общем описании их развития мы останавливаться не будем, указав лишь на то, что как корневищевые, так и рыхлокустовые осоки редко встречаются в форме основных растений, образующих общий фон сообщества, а представляются чаще в виде или единично, или группами вкрапленных членов сообщества, и только плотнокустовые крупные осоки являются часто такими основными растениями, представляющими общий фон сообщества.

* * *

Общая биологическая характеристика группы зеленых и торфяных мхов достаточно очерчена в предыдущей главе; то же касается и остальных групп, роль и значение которых в общих чертах освещены выше, и ближайшее участие их в ходе процесса эволюции луговой растительной формации будет разобрано при изложении самого дернового процесса; представить же какую-нибудь общую характеристику этих групп ввиду сложности их видового состава представляется невыполнимым; биологическая же роль их в зольном и азотном питании всего сообщества достаточно ясно вытекает из развития самих групп и их принадлежности к тому или иному разряду.

Для удобства обозрения всю биологическую систему растений луговой растительной формации можно представить в такой короткой схеме, многие названия которой отнюдь не претендуют на точность научного термина, а преследуют лишь краткость выражения.

* * *

## РАСТЕНИЯ ЛУГОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОЙ ФОРМАЦИИ

### А. МАССОВЫЕ

#### а. Прогрессивной эпохи

I. Злаки.
   1. Корневищевые.
   2. Рыхлокустовые.
   3. Плотнокустовые.

II. Осоки.

#### б. Регрессивной эпохи

III. Зеленые мхи.
IV. Торфяные мхи.

### Б. РАССЕЯННЫЕ

#### *1. Симбиотрофные*

V. Травянистые микотрофы.
VI. Деревянистые микотрофы.
VII. Лишайники.

*2. Автотрофные*

VIII. Многолетние автотрофы.
IX. Эфемеры.
X. Однолетние автотрофы.
XI. Водоросли.

*3. Растения, дополняющие питание сообщества*

а. Прогрессивной эпохи

XII. Бобовые.

б. Регрессивной эпохи

XIII. Насекомоядные.

*4. Чужеядные*

XIV. Паразиты.



## ГЛАВА ВТОРАЯ

*Минеральная среда, в которой протекает дерновый процесс. Утрата горными породами их массивности. Выветривание термическое. Химическое выветривание[6] различных минералов. Состав рухляковой породы выветривания. Существенный признак почвы. Цеолитная гипотеза. Гипотеза адсорбции. Почвообразовательный процесс. Причины зональности распределения типов почв. Зональные и местные факторы почвообразования. Рухляковый покров Европейской России. Кислая алюмосиликатная морена севера России. Карбонатная морена юга России. Южнорусский лёсс. Глинистая пермская морена востока России. Карбонатная морена степной зоны. Эоловый лёсс. Влияние тундрового периода на рухляковый покров страны. Влияние подзолообразовательного процесса на рухляковую породу. Свойства различных горизонтов подзолистой почвы. Влияние рельефа на степень выражения свойств горизонтов подзолистой почвы. Режим делювиальных и почвенных вод. Влияние рельефа на механический состав почвы в области преобладания различных типов морены. Распределение факторов подзолообразования под влиянием рельефа. Подзолистые почвы области кислой алюмосиликатной морены. Распределение и выражение горизонтов подзолистых почв в области карбонатной морены юга России. Выражение тех же горизонтов в области глинистой пермской морены. Существование реликтов подзолообразовательного процесса в области степной зоны.*

* * *

Уже из предыдущего изложения достаточно ясно, что центр тяжести нашего внимания при изучении динамики процесса эволюции луговой растительной формации будет сосредоточен в области зольного и азотного питания различных групп представителей этой формации, и поэтому при изучении свойств

минеральной среды, в которой протекает интересующий нас процесс, главное внимание наше будет сосредоточено на изучении вопросов, касающихся свойств почвы как среды, сосредоточивающей в себе все элементы зольного и азотного питания растений.

Совершенно очевидно, что все минеральные почвы произошли из массивных горных пород. Даже поверхностное сравнение любой минеральной почвы с массивными горными породами ясно говорит, что массивная горная порода при переходе в почвы должна была претерпеть, по меньшей мере, три порядка изменений. Она прежде всего должна была потерять свою массивность, обратившись в рыхлую сыпучую или пластичную массу рухлякового тела; далее, она должна была претерпеть глубокое изменение своего химического или петрографического состава — вместо петрографических элементов породы мы в почве встречаем механическую смесь песка, глины, окиси железа, и далеко не во всех почвах попадаются в неизмененном состоянии обломки первоначальной породы или минералов, ее составлявших; наконец, большинство почв содержит ряд веществ, которые в горной породе совершенно отсутствуют — почва содержит органическое вещество, как живое, так и разнообразные продукты его распада.

Весь комплекс этих изменений, вместе взятых, определяет собою существенный признак почвы, который резко отличает ее от массивной горной породы. Почва обладает способностью производить урожаи растений, тогда как у массивных горных пород этот признак отсутствует в такой полной мере, что камень является синонимом бесплодия.

Утрата горной породой признаков своей массивности происходит под влиянием воздействия колебаний температуры ее внешних поверхностных горизонтов, в которых, вследствие малой теплопроводности горных пород, дифференцируются слои, обладающие различной температурой, а следовательно, различным напряжением молекулярных сил. Эти слои распределяются

при нагревании породы солнечными лучами так, что наиболее теплые горизонты ее, стремящиеся расшириться, находятся в периферических слоях породы и с углублением быстро сменяются значительно более холодными горизонтами, стремящимися сохранить объем, соответствующий их медленно изменяющейся температуре. При ночном охлаждении породы, вследствие поверхностного излучения тепла, порядок распределения горизонтов различной температуры диаметрально изменяется, и периферический слой породы, охлажденный и стремящийся уменьшиться в объеме, встречает непреодолимое препятствие к осуществлению этого стремления вследствие того, что в глубине породы быстро следуют слои, еще сохранившие свою дневную температуру в силу медленной передачи тепла как в глубину породы, так и в поверхностные ее горизонты. В результате такой беспрерывной смены молекулярного напряжения порода пронизывается в своих периферических горизонтах двумя системами трещин: одной — параллельных поверхности породы, получающихся под влиянием нагревания, и другой — перпендикулярных поверхности породы, образующихся под влиянием охлаждения. Способность разноосных кристаллов в различной степени расширяться и сокращаться по различным осям под влиянием изменений температуры в сильной степени усиливает способность породы к дезагрегации. В неменьшей степени влияет и замерзание воды, проникающей в образовавшиеся трещины. Также действует увеличение в объеме некоторых минералов горных пород при их окислении и гидратизации и образовании кристаллов, растворенных в воде продуктов химического выветривания той же породы при испарении воды с ее поверхности. Наконец, разрыхленные куски породы отваливаются с крутых ее скатов и при падении удар также способствует утрате массивности, и обломки породы, движущиеся под влиянием движения воды и воздуха, своим трением и ударами также разрушают первоначальную связь между элементами породы.

Вся совокупность этих изменений массивной горной породы, происходящих исключительно под влиянием различного рода энергий, носит название *термического выветривания*, и в результате его порода утрачивает только свою *массивность*, превращаясь в *рухляковую массу*, причем *петрографические элементы породы не претерпевают никаких других изменений, затрагивающих их состав*. Образовавшаяся рухляковая порода приобретает резко изменившиеся отношения к воде — целый ряд физических свойств, которые в массивной породе были в наличности в самой слабой степени их выражения: во много раз возрастает проницаемость породы для воды, ее влагоемкость, волосные свойства ее, изменяется ее способность испарять воду и в сильнейшей степени возрастает способность породы вмещать в себе антагониста воды в ней — воздух. Под влиянием тех же изменений и новых отношений к воде и воздуху резко изменяются и другие физические свойства породы — ее объемный вес, цвет и отношение к теплу — теплопроводность и теплоемкость.

Все новые свойства, приобретенные рухляковой породой, касаются исключительно отношений ее к трем метеорологическим агентам жизни растений, притекающим извне — свету, теплу и воде — и совершенно не затрагивают отношений рухляковой породы к четвертому агенту жизни растений — элементам зольного питания растений и к азоту. Азот совершенно не содержится в массивных горных породах, и поэтому сейчас наше внимание сосредоточится на элементах зольного питания растений. Все эти элементы входят в состав различных петрографических элементов породы. Причем кальций и магний входят в комплекс минералов, составляющих массивные горные породы, в качестве или карбонатов, или силикатов и алюмосиликатов; железо, марганец, калий — в качестве силикатов и алюмосиликатов; сера — в форме сернокислых солей и сернистых соединений и фосфор — в форме фосфатов. При этом фосфор всегда входит в состав массивных горных пород в виде микролитов фосфорноизвестковой соли, заключенных в другие ми-

нералы, слагающие породы, сера же — преимущественно в виде сернистого железа и реже в виде сернокальциевой соли.

Для более легкого обозревания участи этих элементов зольного питания растений удобно все петрографические элементы массивных горных пород соединить в несколько групп. Это будут 1) кварц, 2) карбонаты извести и магнезии, 3) силикаты, 4) алюмосиликаты, 5) сернистое железо и 6) фосфаты. Явления химического выветривания, связанные с изменением состава горной породы, протекают под воздействием трех агентов атмосферы — воды, кислорода и угольной кислоты. Роль воды выделяется особо, так как в ее отсутствие воздействие кислорода и угольной кислоты не может осуществиться; прямое же влияние воды очень ограничено и состоит только в гидратизации некоторых элементов горной породы, а таких элементов, которые способны к присоединению воды, в массивных горных породах обыкновенно ничтожное количество, и эта роль воды крайне ограничена и для наших целей не представляет интереса, так как почти совсем не затрагивает вопросов питания растений. Кроме того, вода присоединяется к многим продуктам выветривания под влиянием других агентов, образуя водные соединения, о которых мы упомянем своевременно. Роль кислорода в выветривании также очень невелика и ограничивается исключительно процессом окисления тех элементов породы, которые способны присоединить его. Такими соединениями в горных породах являются или закисные соединения железа, или сернистые соединения, и таким образом единственная выдающаяся роль при выветривании горных пород принадлежит угольной кислоте.

Рассматривая процессы выветривания вышеназванных групп минералов, мы придем к следующим простым заключениям: кварц не подвергается совершенно воздействию химического выветривания; он только способен измельчаться; карбонаты извести и магнезии также не способны к выветриванию, ибо они, как мы увидим ниже, так же, как и кремневая кислота, являются конечными продуктами выветривания и, следовательно, вполне

устойчивы при термодинамических условиях, при которых происходит выветривание, т. е. при условиях температуры и давления поверхности земного шара. Упомянутые карбонаты способны только растворяться в воде, содержащей угольную кислоту и, следовательно, выщелачиваться из образующейся рухляковой породы. Сернистое железо, как мы видели выше, способно окисляться, при этом сера переходит в серную кислоту и сернокислую закись железа, которые, как легко растворимые в воде, будут выщелочены. Фосфат извести, освобождаясь подобно сернистому железу, при выветривании горной породы от заключавшей его каменной оболочки, также не способен к выветриванию; он может при некоторых условиях, путем обменного разложения, образовать фосфат железа, и обе эти соли просто растворяются в воде, содержащей угольную кислоту, и будут выщелочены из рухляковой породы. Только оставшиеся две группы минералов — силикаты и алюмосиликаты, составляющие главную массу массивных горных пород земной коры,—представляют элементы, неустойчивые при термодинамических условиях земной поверхности и неминуемо обречены на выветривание. Этот распад их совершается под влиянием угольной кислоты и крайне прост по существу. Безводные силикаты и алюмосиликаты представляют: первые — соли кремневой кислоты, вторые — соли алюмокремневой или глиноземно-кремневой кислоты, и единственное действие, которое способна оказать на них свободная угольная кислота, состоит в том, что угольная кислота может вытеснить эти кислоты из их соединений и стать на их места, образовав карбонаты с основаниями, входившими ранее в состав силикатов и алюмосиликатов; при этом кремневая и алюмокремневая кислоты выделяются в состоянии свободных кислот. Обе выделяющиеся кислоты в природных минералах, играющих главную роль в горных породах, входят в соединения с небольшим числом элементов — это натрий, калий, кальций, магний, железо и марганец, и таким образом при выветривании природных силикатов и алю-

мосиликатов, кроме свободной кремневой и алюмокремневой кислот, получаются углекислый калий и натрий — поташ и сода, которые, как легко растворимые в воде, будут немедленно выщелочены водой, присутствие которой неизбежно необходимо; далее выделяются углекислый кальций и магний, которые также растворимы в воде, содержащей угольную кислоту; что же касается углекислого железа и марганца, то они немедленно после своего выделения распадаются на свободную углекислоту и на свободные окиси железа и марганца, к которым присоединяется вода, образуя гидраты их окисей; такое же присоединение воды происходит и к выделяющимся свободным кремневой и алюмокремневой кислотам, выделяющимся в форме гидратов. Обе последние свободные кислоты отличаются трудной растворимостью в воде, причем алюмокремневая кислота, или каолин, совсем нерастворима, а кремневая кислота быстро переходит в нерастворимую модификацию; такою же полною нерастворимостью в воде отличаются и окиси железа и марганца.

Резюмируя все вышесказанное, мы увидим, что в результате вполне законченного процесса выветривания массивной горной породы на ее месте может остаться только 1) кварц, 2) водная кремневая кислота, 3) каолин, 4) окись железа и 5) окись марганца, и все элементы зольного питания растений— фосфор, сера, калий, известь и магний — будут неминуемо выщелочены из получившейся рухляковой породы, и только железо и марганец останутся в ней.

Сопоставляя все вышесказанное, мы приходим к неизбежному выводу, что под влиянием процессов выветривания в образующейся рухляковой породе не может обособиться и развиться существенный признак почвы — ее способность удерживать в себе и предохранять от выщелачивания все элементы зольного питания растений и минеральные формы азота, или, другими словами, *избирательная поглотительная способность почв.*

В ранние периоды развития учения о почве была создана цеолитная гипотеза, при помощи которой пытались объяснить

поглотительную способность почвы. Эта гипотеза была основана на некоторой аналогии между способностью группы природных водных алюмосиликатов — цеолитов — легко вступать в обменную реакцию своими основаниями с основаниями других растворимых солей, причем основания, вошедшие путем обмена в состав цеолита, приобретали способность трудно растворяться в воде. Предполагалось, что при выветривании безводных алюмосиликатов, которые считались тогда сложными силикатами, в которых алюминий играет роль основного радикала, образуются водный кремнекислый глинозем и простые водные силикаты, которые вновь соединяются, давая сложные водные силикаты, в которых основания — калий, кальций, магний и аммиак — были уже защищены от выщелачивания; при этом предполагалось, что аммиак поглощается рухляковой породой из воздуха, где он образуется из свободного азота под влиянием тиких разрядов атмосферного электричества. Эта гипотеза пыталась объяснить поглощение почвой оснований, необходимых для питания растений, что же касается фосфора и серы, то для объяснения приходилось ссылаться на трудную растворимость трехосновного фосфата извести и сернокальциевой соли в воде. Согласно этой гипотезе предполагалось, что цеолиты почвы в ней присутствуют в тончайшем измельчении, в так называемой глинистой части почвы, за которую считали все элементы почвы мельче 0,01 мм.

Но очень скоро выяснилась несостоятельность этой гипотезы. Прежде всего, алюмосиликаты не только водные, но даже гораздо более прочные безводные представляют тела неустойчивые при термодинамических условиях земной поверхности и в состоянии измельчения не только мельче 0,01 мм, но даже в гораздо более крупнозернистом состоянии от 0,1 до 0,05 мм в природном состоянии почти никогда не встречаются, ибо при колоссальном развитии в таком состоянии измельчения поверхности их соприкосновения с углекислотой процесс их выветривания совершается крайне быстро, и они дают

конечные продукты своего выветривания. Далее, представляется полным противоречием с существенным свойством всяких конечных продуктов всякого процесса, их полной устойчивостью при термодинамических условиях, при которых протекает процесс, возможность, чтобы эти продукты вновь вступили в такое взаимоотношение, в результате которого получается тело, обладающее составом и свойствами того тела, продукты распада которого образовали новое тело.

Скоро был коренным образом изменен и взгляд на алюмосиликаты, и было доказано, что они представляют не двойные соли силиката алюминия и других силикатов, а простые соли комплексной глиноземнокремневой кислоты, в которой алюминий играет роль кислотного радикала, и что при их выветривании не могут образовываться ни кремнекислые щелочи, ни кремнекислый глинозем. Наконец, простой арифметический расчет показал, что, если в почве фосфор и сера находятся в форме фосфатов и сульфатов, то они должны были бы выщелочиться дождями в очень непродолжительный срок, так как фосфат извести и железа, почти нерастворимые в чистой воде, легко растворяются в воде, содержащей в растворе угольную кислоту, а такой представляется всякая природная вода, особенно же почвенная вода. Сульфат же кальция сравнительно легко растворим и в чистой воде.

Указание на параллелизм между содержанием глинистой части почвы в почвах глинистых и песчаных и величиной их способности задерживать элементы зольной пищи растений и азот было опрокинуто тем, что при применении более совершенных методов механического анализа разница в содержании собственно глинистых элементов, не содержащих порошка свободной аморфной кремневой кислоты, в таких различных почвах часто оказывалась исчезающе мала, и, кроме того, мы встречаем много перегнойных почв, совсем не содержащих глинистых элементов, а между тем поглотительная способность таких почв и содержание в них элементов зольного питания растений и

азота достигают своего максимального природного проявления.

На смену разрушенной гипотезы химического поглощения, или абсорбиции, появилась гипотеза физического поглощения, или адсорбции, почвой элементов зольной пищи растений и азота. По этой теории, тончайшие измельченные частицы почвы удерживали от выщелачивания интересующие нас элементы вследствие чрезвычайного развития поверхностных молекулярных сил притяжения, вследствие которых на поверхности каждой частицы почвы растворимые вещества находятся как бы в сгущенном состоянии. Но эта гипотеза совершенно не выдерживает количественной проверки, так как для вымывания таким образом адсобированных веществ нужно лишь бóльшее количество воды и того количества ее, которое протекает через почву в умеренных широтах, было бы вполне достаточно, чтобы вымыть все растворимое в воде. Кроме того, гипотеза адсорбции совершенно не объясняет существенного свойства поглотительной способности почвы, отличающей ее от поглотительной способности всякого мелко измельченного порошка — ее избирательность, вследствие которой в почве удерживаются и концентрируются как раз элементы зольного питания растений.

* * *

Среди элементов пищи растений, черпаемых последними из почвы, особое положение занимает азот. Массивные горные породы совсем не содержат азота, и присутствие минеральных соединений азота в почве, очевидно, не поддается объяснению путем рассмотрения их как продуктов выветривания горных пород, и его нахождение в почве должно, очевидно, быть результатом какого-то иного процесса. Старая цеолитная гипотеза пыталась объяснить нахождение азота в почве процессом поглощения аммиака цеолитной частью почвы из воздуха, но мы знаем, что аммиак представляет одно из наиболее

неустойчивых соединений в почве, в которой он быстро окисляется в азотистую и далее в азотную кислоту, и в форме таковой быстро выщелачивается из почвы, так как последняя совсем не обладает ни химической, ни физической поглотительной способностью по отношению к азотной кислоте. Количественный подсчет аммиака, могущего быть поглощенным почвой из воздуха, совершенно ясно указывает, что этот источник далеко не может покрыть того количества азота, которое ежегодно уносится урожаем из почвы. Наконец, мы знаем и характер тех соединений, в форме которых азот почвы приобретает свойство задерживаться в почве и противиться выщелачиванию из нее, это органические соединения азота. Происхождение этого органического азота также нам известно. Он усваивается в форме свободного атмосферного азота микроорганизмами почвы, живущими или самостоятельно, или в качестве симбиотического комплекса с высшими растениями, и сохраняет прочность существования в почве до тех пор, пока входит в состав органического вещества; как только последнее разрушается, и азот его переходит в формы минеральных соединений, промежуточных — аммиака и азотистой кислоты — или конечного — азотной кислоты, так тотчас он стремится быть вымытым из почвы.

То же касается и фосфора. При химическом анализе почвы нам до тех пор не удается выщелочить из нее всего содержащегося в ней фосфора даже таким сильным растворителем, как тридцатипроцентная соляная кислота, пока мы не разрушим органических веществ, в форме которых фосфор приобретает чрезвычайную устойчивость своего пребывания в почве. Но как только фосфор в почве принимает форму минеральных фосфатов, так тотчас он легко выщелачивается даже водой, содержащей в растворе угольную кислоту.

Совершенно так же и по отношению ко всем остальным элементам зольного питания растений мы не можем указать ни одного минерального соединения, существование которого воз-

можно допустить в почве и которое не подвергалось бы непременной участи быстрого выщелачивания из нее, благодаря своей легкой растворимости в воде, содержащей в растворе угольную кислоту, и только в форме органического вещества все элементы пищи растений приобретают свойство устойчивого длительного существования в почве.

Таким образом, приходится признать необходимость третьего комплекса процессов, под влиянием которых рухляковая порода, происшедшая путем воздействия на массивную горную породу двух первых комплексов процессов — термического и химического выветривания, приобретает существенный признак почвы — способность концентрировать элементы пищи растений. Этот комплекс процессов носит название почвообразовательного процесса и протекает под влиянием биологических — *живых* — агентов.

Совершенно ясно, что вследствие того, что все элементы зольного питания растений в природе первоначально входят в состав массивных горных пород, и при выветривании последних все эти элементы приобретают одну общую способность к выщелачиванию из рухляковой породы, почвообразовательный процесс необходимо должен протекать одновременно и совместно с процессом термического и химического выветривания. Также понятно, что так как оба последние процесса протекают постепенно и часто с большой медленностью, то и процесс почвообразовательный может также развиваться лишь в последовательности, определяемой нарастающим развитием тех свойств и отношений рухляковой породы к теплу и воде, которые являются результативным следствием процессов термического выветривания, и по мере освобождения из элементов породы веществ, необходимых для питания растений в формах, усвояемых этими последними, следовательно, и существенный признак почвы — ее способность концентрировать и удерживать вещества, необходимые для корневого питания растений, — должен необходимо претерпевать процесс прогрессивного раз-

вития, после которого, вследствие ограниченности количественного содержания элементов пищи растений в первоисточнике их — горной породе — в развитии существенного признака почвы должна наступить остановка или же он должен перейти в стадию регрессивного развития, а так как в природе не существует состояния покоя или остановки, то необходимость существования второй стадии занимающего нас процесса получает полное логическое обоснование — основание логической неизбежности.

Сущность процесса почвообразования заключается в том, что по мере выветривания горной породы и в строгом соответствии с постепенно развивающимися свойствами рухляковости ее, от которых зависит развитие ее отношений к воде, а через них и к теплу и воздуху, и которые сводятся к степени развития поверхности породы по отношению к ее объему, от величины которой зависят и степень развития и характер проявления поверхностного напряжения молекулярных сил, на поверхности породы развиваются живые растительные организмы, связывающие в формы органического вещества свободный атмосферный азот и те элементы зольного питания растений, которые освобождаются при химическом выветривании породы в виде соединений, растворимых в воде, содержащей углекислоту.

Сравнение состава горной породы и почвы, образовавшейся на продуктах ее выветривания, указывает на то, что количество элементов зольного питания растений в почве значительно превышает содержание их в породе, и этот перевес их содержания в почве не может быть объяснен одним только относительным уменьшением массы породы при ее выветривании вследствие растворения и выщелачивания части петрографических элементов породы, даже в тех случаях, когда это уменьшение массы породы значительно, как это наблюдается при выветривании карбонатных пород.

Мы уже выше формулировали эту особенность почвы, говоря, что существенным признаком почвы, отличающим ее

от горной породы, является ее способность сосредоточивать в себе — концентрировать и удерживать, защищая от выщелачивания, элементы зольного питания растений и азот.

Эта особенность почвы может найти себе только одно объяснение в том, что в развитии существенного признака почвы должны необходимо принять участие растительные организмы, обладающие настоящей корневой системой, разумея под словом «настоящей» такую корневую систему, которая служит растению не только для прикрепления к субстрату, но и для питания.

Осуществление «собирающей» деятельности корневой системы растений вытекает, как логическое следствие, из отношения развития массы корневой системы, образуемой в почве по мере ее углубления в последнюю, к длине корневой системы, развиваемой растением по мере того же углубления. Масса корневой системы постепенно уменьшается с углублением в почву, что находится в прямой зависимости от трех факторов: во-первых, корень растет в длину только своей нижней частью, и, следовательно, наиболее молодые части его находятся внизу; во-вторых, у корней, обладающих способностью расти в толщину, наиболее толстая часть их будет помещаться наверху, и толщина их, а следовательно, и масса каждого корня, будет уменьшаться по мере углубления, и, в-третьих, у растений, корни которых не обладают способностью роста в толщину, во все время развития растения образуются новые корни, так что общая масса живых корней таких растений беспрерывно больше в верхних горизонтах почвы по сравнению с нижними. Что же касается длины корневой системы, то всякий корень образует все возрастающее количество боковых ветвей по мере своего углубления в почву. Ясно, что усвоение корнем элементов пищи растений будет беспрерывно расти по мере углубления его и беспрерывного роста объема почвы, им пронизываемого, тем более, что усвояющая

поверхность корня — область развития корневых волосков — сосредоточена только на молодых частях корня, не покрытых еще пробковой тканью. Отложение же массы усвоенной корнем зольной пищи в объеме пронизанной им породы будет прямо пропорционально массе образованного им органического вещества, и, кроме того, в наиболее поверхностных горизонтах к массе органического вещества корня присоединяется и масса надземных органов растений.

Общее свойство всех элементов пищи растений — крайняя скудость их распространения в земной коре — обусловливает неизбежную необходимость процесса разрушения только что созданного органического вещества — разрушения, связанного с полной минерализацией всех составляющих его элементов и, следовательно, с приобретением ими вновь первоначальных свойств, определяющих непрочность их существования в массе почвы, и для нового удержания их в почве необходимо новое обращение их в форму органических веществ. В этой беспрерывности смены двух противоположных процессов создания и разрушения органического вещества, процессов, сосредоточенных в массе почвы и на ее поверхности, и заключается основная причина существенного свойства почвы — ее избирательной поглотительной способности по отношению к элементам зольной пищи растений и к азоту.

* * *

Мы уже видели, что под влиянием воздействия двух порядков причин — исторических в смысле порядка изменения климатических условий на всей обширной территории Российской республики под влиянием отступавшего ледника и климатических, определяемых комбинацией причин космического характера и порядком распределения суши и моря по поверхности земного шара,— поверхностный рухляковый покров претерпел после своего образования ряд изменений, порядок последовательной смены которых на всей упомянутой обширной территории

должен был быть одним и тем же вследствие общности условий начального исходного момента этих изменений, которые во всей их совокупности являются одновременно протекающими процессами эволюции послеледникового рельефа страны и эволюции почвообразовательного процесса на послеледниковых отложениях. Оба эти процесса взаимно друг друга обусловливают и протекают в условиях взаимной интерференции, то обоюдно усиливая, то ослабляя воздействие каждого из них на поверхностный рухляковый покров.

Начальный момент воздействия двух процессов эволюции, о которых мы только что упомянули, на различных частях рассматриваемой территории наступал разновременно, но в определенной закономерности, характер которой определялся теми же двумя порядками причин, под влиянием которых протекала и эволюция свойств рельефа и свойств почвенного покрова страны—под влиянием широтных условий распределения климатических элементов и материковости страны. Поэтому ясно, что в самых общих широких чертах три порядка причин, определяющих собою характер всех природных свойств поверхностного покрова страны, развивались в одном и том же направлении. Эти три порядка причин — 1) возраст страны, считая от момента освобождения ее от ледникового покрова, 2) распределение широтных элементов климата и 3) распределение материковости — действовали все при условии взаимной интерференции в одном и том же направлении, определив этим и совпадение направления эволюции двух основных результативных процессов —развития рельефа страны и развития ее почвенного покрова, протекающего под влиянием воздействия эволюции биологического покрова страны, и вся сложная комбинация всех этих порядков различных воздействий выражается в одном общем и цельном впечатлении, которое мы называем ландшафтом страны.

Таким образом, само собою вытекает понятие о закономерной смене определенных зон или поясов климатических, зон рельефа,

зон растительных и зон почвенных, тесно связанных между собою в порядке взаимной причинной зависимости, и так как в том же направлении располагаются и зоны возраста страны и зоны эволюции каждого из вышеназванных четырех порядков процессов, то так же само собою вытекает логическая неизбежность признания каждой зоны каждого порядка статическими моментами — отдельными стадиями эволюции соответствующего динамического процесса закономерного изменения климата, рельефа, растительности и почвенного покрова страны, происходящих в одном и том же общем направлении с юго-востока на северо-запад. С такою же неизбежностью вытекает и необходимость отсутствия резких границ между зонами каждого порядка и отсутствия резких скачков в изменении каждого свойства, каждого признака аналогических элементов зон соответствующих порядков, ибо каждое свойство и всякий признак всех элементов каждой зоны, в силу той же логической неизбежности, должны претерпевать неизбежный процесс эволюции в порядке первоначального своего нарастания и последующего затухания, в порядке последовательной смены периода своего прогрессивного развития, постепенно переходящего в период регрессивного развития, порядке, определяемом основными свойствами всех материальных элементов [элементов зольной и азотной пищи растений] земной поверхности — их количественной ограниченностью.

Кроме перечисленных, эволюционирующих в порядке и направлении зональности причин, существует и еще ряд причин, не подчиняющихся прямо и во всех отношениях влиянию зональности распределения основных стимулов эволюции, которые мы привыкли характеризовать как причины интразональные или местные, и которые могут при известной степени своего напряжения резко влиять на изменение хода эволюции зональных перемен ландшафта страны в смысле влияния на замедление или ускорение хода развития основных зональных процессов. Такими местными причинами является высота над уровнем

океана, свойства материнской породы и отсутствие оледенения во время господства ледниковой эпохи. Высота над уровнем океана, в случае ее значительного выражения, в горных странах вызывает появление вертикальной зональности, повторяющей в общих чертах явление широтной зональности с теми изменениями, которые определяются разницей в порядке и распределении, главным образом энергетических агентов климата. Последняя причина, с особенно широким распространением выраженная в наиболее южной и юго-восточной части нашей территории, вносит некоторое усложнение в характер проявления зональных процессов тем, что в области распространения этой причины резко выражается значительно бо́льшая древность страны, возраст которой уже исчисляется не со времени конца великого оледенения, а с той геологической эпохи, когда территория области стала сушей, и на которой мы должны считаться с реликтами влияний, как геологических, так и биологических факторов предшествующих геологических эпох, тогда как на остальной части территории результаты влияний всех предшествующих геологических эпох стерты и выравнены деятельностью материкового льда эпохи великого оледенения. Наконец, различие свойств материнской породы может проявляться под влиянием двух порядков явлений. Во-первых, на проявление этого различия должна в сильной мере влиять эрозионная деятельность воды и денудационная работа движения воздуха, но так как обе эти причины развиваются в соответствии со стадиями эволюции рельефа страны и ее растительного и почвенного покрова, то и влияние ее входит, как подчиненный элемент, эволюционирующий с определенной закономерностью, в порядок общего процесса эволюции зональных явлений. Вторая причина, ореділяющая разницу свойств материнской породы или, что то же, рухлякового покрова страны, уже не подчиняется влиянию зональности, и хотя рухляковый покров отложился под влиянием ледника, эволюционировавшего, в свою очередь, под влиянием зональных агентов, причина

различия отложенной им породы зависит от разницы петрографического состава пород тех областей, по которым прошел ледник.

При своем поступательном движении ледник захватывает и уносит вперед все продукты выветривания тех горных пород, в области распространения которых он проходит. Эти продукты выветривания частью попадают на него сверху, образуя боковые и серединные морены, а мелкие продукты разносятся по всей ледяной поверхности, продукты же выветривания подстилающей ледник породы и обломки, происходящие от выпахивания и сглаживания ее, выстилают ложе ледника, и вся эта масса вмерзших в лед обломков движется вперед вместе с ледником. Обломки, попадающие на ледник сверху, постепенно тонут в массе ледника, благодаря отчасти пластичности льда, отчасти вследствие занесения их с поверхности снегом, обращающимся сначала в фирн, а по мере накопления снега и фирна последний, под давлением этих новых слоев, превращается в материковый лед. Одновременно под тяжестью льда нижние его горизонты обращаются в воду подледниковых делювиальных потоков, стекающих по рельефу подстилающей ледник породы и уносящих мелкие продукты выветривания и перетирания по ледниковым рекам в моря, в которые они впадают. Таким образом обособляется поддонная морена, подстилающая все ледниковые отложения в виде рухляковой валунной или безвалунной, каменистой или песчаной породы, отмытой от мелких глинистых и пылеватых частиц и не связанной генетически с подстилающей ее коренной породой, так как она представляет нанос, происходящий из области, лежащей выше по течению ледника. Но зато поддонная морена связана генетически с отлагающейся над ней после таяния ледника основной мореной, благодаря промыванию которой она произошла и в которую она постепенно и незаметно переходит. Присутствие поддонной полусортированной морены, залегающей ненорамально на коренной подстилающей ее породе и генетически связанной постепенностью

перехода с перекрывающей ее основной мореной или с продуктами ее выветривания, и представляет существенный признак ледниковых наносов.

Очевидно, что продукты разрушения горных пород, захваченные ледником в области, лежащей выше по течению его, при окончательном таянии ледника должны отложиться в виде основной и поддонной морены в новой области также непременно выше по течению ледника, чем продукты, захваченные ледником в области, лежащей ниже по течению ледника, которые и в новой области своего отложения неминуемо займут положение ниже по течению ледника по сравнению с областью отложения первых продуктов.

Ледник, покрывавший восточную часть европейского материка, имел центром своего распространения горные области Феноскандии, и эта область одновременно является и областью преимущественного господства алюмосиликатных пород с резким преобладанием кислых пород, содержащих свободную кремневую кислоту в форме кристаллов кварца.

Из этой области ледник веерообразно распространялся одновременно на запад, юг и восток. При своем дальнейшем движении на запад и главным образом на юг ледник вступил в область распространения осадочных пород различных геологических формаций, но представленных подавляющим преобладанием карбонатных пород — известняков. При движении же на юго-восток и восток ледник вступал в область преобладающего развития пермской формации, представленной преимущественно красными пермскими глинами, красными мергельными и пестрыми глинами и частью красными и пестрыми мергелями.

Очевидно, что в отложениях ледника мы должны встретить подобную же последовательность чередования ледниковых наносов. Северная и северо-западная области наносов ледника, охватывающие районы преимущественного распространения как алюмосиликатных, так и карбонатных и красных пермских глинистых коренных пород, должны быть покрыты тол-

щей основной и поддонной морены, представляющей продукты разрушения и выветривания преимущественно кислых алюмосиликатных пород. К югу и юго-западу от этой области преимущественного господства кислой алюмосиликатной морены мы должны встретить область подавляющего господства ледниковых отложений, происшедших в результате измельчения и выветривания известняков, или карбонатную морену, причем область распространения последней должна быть больше области преобладания кислой алюмосиликатной морены, так как и область господства коренных карбонатных пород, по которым прошел ледник, далеко превосходит по своему протяжению по пути ледника такую же область развития алюмосиликатных пород. Наконец, к юго-востоку и востоку от области господства кислой алюмосиликатной морены мы должны войти в область преимущественного преобладания моренных отложений, образовавшихся путем измельчения и выветривания красных пород пермской формации.

Свойства кислой алюмосиликатной морены выражены с чрезвычайной резкостью и отчетливостью. Так как минералы, слагающие породы, из которых она образовалась, большей частью отличаются очень большой твердостью и способностью сопротивляться измельчению, а следовательно, и химическому выветриванию, то кислая алюмосиликатная морена часто, почти всегда, представляет породу валунную. Присутствие в породах, ее образовавших, кварца обусловливает присутствие его и в морене в виде кварцевого песка самой разнообразной крупности, в котором всегда наблюдается примесь алюмосиликатов и силикатов — полевых шпатов, слюд, роговых обманок, авгитов, хлорита, гранатов и титанистого железняка, часто в значительном количестве. Вследствие значительного содержания в первоначальных породах силикатов и алюмосиликатов кислая алюмосиликатная морена всегда отличается большим содержанием аморфной кремневой кислоты, каолина и окиси железа. Таким образом, эту породу

можно характеризовать как красные валунные или безвалунные глины или суглинки. При воздействии на кислую алюмосиликатную морену факторов атмосферы она прежде всего способна к дальнейшему выветриванию и, кроме того, способна к дальнейшей сортировке эрозионной деятельностью воды и развеванием воздухом, причем продукты ее сортировки чрезвычайно отличаются друг от друга по всем своим свойствам; эти продукты могут быть скоплениями валунов, хрящей и грубых песков, как продукты элювия первоначальной основной морены, сортированными крупными и мелкими песками, как продукты перевевания элювия морены; безвалунными пылеватыми породами, суглинками и тяжелыми глинами, как продукты делювиального сноса элементов первоначальной основной морены, и встречаются переходные между этими продуктами рухляковые породы. Поэтому как существенное свойство области преобладания кислой алюмосиликатной морены представляется чрезвычайная пестрота как физических, так и химических свойств покрывающего эту область рухлякового покрова — материнских пород этой области.

Южнее области преобладания кислой алюмосиликатной морены мы встречаемся с постепенным преобладанием рухляковой породы совсем иных свойств, противоположных свойствам первой. Сначала эта порода появляется отдельными участками, залегая то на алюмосиликатной морене, в которую она совершенно незаметно, постепенно, переходит, то она залегает на коренных породах. Далее к югу алюмосиликатная морена выклинивается, уходя под все возрастающие толщи новой породы, которая почти сплошным покровом одевает всю страну, изредка прерываясь входами коренных пород и продуктов их выветривания. Свойства этой новой породы противоположны свойствам алюмосиликатной морены; ее мелкозернистость и значительная, на первый взгляд, сортированность заставили признать эту породу за лёсс, и под этим названием или под более осторожным названием лёссовидной породы

она описывается во всех руководствах по почвоведению. Однако с последним названием «лёссовидной породы» никак нельзя согласиться, так как оно, как научный термин, совсем неприемлемо, ибо не имеет никакого содержания, указывая лишь на то, что эта порода похожа на лёсс, и не давая никаких указаний на генезис ее. Но если мы ближе познакомимся со свойствами этой породы, то увидим, что на основании этих свойств мы не будем в состоянии признать эту породу за лёсс, ни даже вообще не будем в состоянии признать ее за породу эолового происхождения. Существенными признаками лёсса будут следующие его свойства: 1) как *насос*, лёсс не может быть генетически связан с подстилающей его породой, а должен залегать на ней ненормально; 2) как *эоловый* нанос, лёсс должен обладать высокой степенью сортированности своих частиц, и 3) как у *экзотического* эолового наноса, степень измельчения частиц, его составляющих, должна достигать чрезвычайной мелкости и равномерности. Изучая интересующую нас породу, мы видим, что в северной части области своего распространения, там, где она залегает не сплошным покровом, а отдельными участками, и там, где она уже составляет сплошной покров страны, но залегает еще на алюмосиликатной морене, эта порода во всех случаях ее первичного залегания всегда равномерно и постепенно сливается с подстилающей ее алюмосиликатной мореной, будучи таким образом генетически с ней связанной.

В той части области распространения южно-русского лёсса. где он составляет сплошной покров страны и где он уже не подстилается алюмосиликатной мореной, он никогда не залегает непосредственно на коренной породе, а всегда между ним и коренной породой залегает нетолстая прослойка грубозернистой породы, иногда валунной, иногда безвалунной, но всегда песчаной; валуны этой породы в северной части области южнорусского лёсса представлены финляндскими и олонецкими алюмосиликатными породами, а в более южной части той же

области — известняками и песчаниками различных геологических формаций. Эта прослойка песчаной породы подстилает лёссовую породу на всем ее протяжении до Черного моря на юг и до Волги на восток, переходя и дальше в область Астраханских степей. Песчаная порода, подстилающая южнорусский лёсс, всегда ненормально залегает на коренной породе, не связанная с ней генетически, и совершенно незаметно и постепенно сливается с толщей лёсса, который часто в нижних горизонтах своих мощных отложений заключает валуны карбонатных пород, не происходящие из местных или близких коренных пород.

Наконец, механический анализ южнорусских лёссов, если для анализа была взята навеска не в 10—20 г, а большая, например, в 1000 г, всегда указывает на содержание в ней мелкого (0,5—0,25 мм), среднего (1—0,5 мм) и даже крупного (3—1мм) песка, иногда попадаются даже мелкие валунчики; таким образом, ни высокая степень измельчения, ни такая же степень сортированности не присущи южнорусскому лёссу.

Если мы попробуем дать на основании вышесказанного характеристику южнорусского лёсса, как горной породы, то она будет таковой: южнорусский лёсс представляет несортированную валунную или безвалунную рухляковую породу, генетически связанную или с подстилающей ее алюмосиликатной мореной, или с валунным или безвалунным полусортированным, лишенным мелких частиц, песком, который, в свою очередь, ненормально залегает на подстилающей его коренной породе, и из этой характеристики мы можем сделать только один вывод — южнорусский лёсс представляет выветрившуюся морену карбонатных пород или карбонатную морену.

Свойства карбонатной морены должны быть совершенно противоположны свойствам силикатной морены. Известняки отличаются значительно меньшей твердостью, чем породы алюмосиликатные, поэтому измельчение их деятельностью льда будет идти гораздо быстрее; в результате этого в ней реже

будут встречаться крупные валуны и, во-вторых, процесс выветривания карбонатной породы будет идти гораздо быстрее. В конечном результате выветривания карбонаты будут выщелочены, и на месте известняка останутся лишь те минеральные примеси, которые проникали в море, в котором отложился известняк, одновременно с карбонатами, из которых главным образом состоят известняки. Все эти примеси снесены были с области суши и представляют конечные продукты выветривания горных пород, перемытые двояким действием воды — делювиальными струями и аллювиальными потоками. Поэтому до области моря могут достигнуть лишь продукты, подвергшиеся значительной сортировке и тонкому измельчению, преимущественно так называемые пылеватые продукты (0,25—0,001 мм) и глинистые элементы. Эти продукты нацело состоят из кремневой кислоты, каолина и окиси железа. Поэтому и продукты выветривания известняков, в частности карбонатная морена, и будут состоять преимущественно из пылеватой кремневой кислоты с примесью некоторых количеств каолина и окиси железа; минералов, способных к дальнейшему выветриванию, такая порода почти не заключает. Питательные элементы, необходимые для жизни растений, заключаются в известняках исключительно в виде остатков организмов, и так как эти остатки облечены хитином и другими органическими веществами, трудно поддающимися разложению, то и порода большей частью заключает значительный запас зольных элементов пищи растений, преимущественно фосфора. Но после исчерпания этих запасов все питательные вещества в ней находятся в форме органического вещества, и минеральный скелет такой породы совершенно бесплоден. Мелкозернистость этой карбонатной морены и дала повод принять эту породу за лёсс, с которым она не имеет ничего общего ни по своим существенным признакам, ни по способу своего происхождения.

Совершенно ясно, что при чрезвычайной равномерности механического состава карбонатной морены и продукты ее

перемыва делювиальными водами и перевевания не могут отличаться таким разнообразием своего состава, как продукты той же деятельности воды и воздуха в области алюмосиликатной морены, тем более, что в случае обособления элювиальных образований они в высшей степени легко подвергаются выветриванию, выражающемуся в растворении карбонатов извести и магнезии, и в результате этого явления обособившийся элювий распадается на породу, не отличающуюся от остальной массы карбонатной морены. В зависимости от вышесказанного весь рухляковый покров области преобладания карбонатной морены представляет горазо более однородную по своим свойствам массу на всех элементах рельефа.

Переходя на восток и юго-восток от области господства алюмосиликатной морены, мы входим в область преобладания морены, получившей свое начало от перетирания и выветривания пермских красных и пестрых мергелей и мергелистых глин. Общие условия залегания этой породы очень схожи с теми же условиями залегания карбонатной морены, и совершенно так же эта порода на всем протяжении своего распространения, главным образом в Заволжье, подстилается полусортированной поддоной мореной.

Свойства этой породы резко отличаются от свойств карбонатной морены: вследствие гораздо меньшей крепости первоначальной горной породы, она гораздо легче подвергалась истиранию, равно как вследствие значительно меньшего содержания в ней карбоната извести и особенно карбоната магнезии выщелачивание этих солей совершалось также гораздо быстрее. Вследствие сказанного, количество валунов в этой морене крайне мало, и большей частью приходится обнаруживать их путем отмывания больших масс породы. По своим свойствам эта морена представляет то песчаную и пылеватую, то тяжелую глинистую породу, большей частью окрашенную в красный цвет, вследствие огромного содержания окиси железа, причем красный цвет имеет обыкновенно ясный малиновый

или розовый оттенок, частью переходящий в бурые, желтоватые и фиолетовые тона. Вследствие местами значительного содержания гипса в первоначальной породе и морена ее также бывает часто гипсоносной.

Наконец, последняя область сплошного залегания или преобладания однохарактерной материнской породы лежит в средне-азиатской эолово-лёссовой зоне. Что касается материнских пород, покрывающих обширные равнины Сибири, то они еще слишком мало изучены, чтобы можно было сделать обобщающие заключения о характере их геологического происхождения. Можно лишь высказать предположение, основанное на еще разрозненных исследованиях, что они так же, как и рухляковый покров Европейской России, состоят из ледниковых отложений, и это заключение находит себе подтверждение в обширном развитии ледяного покрова старого и нового континентов во время ледниковой эпохи, но ни положение центра оледенения, ни направление движения ледника не могут еще быть установленными.

Как показывает само название области, которая нас интересует в настоящем месте, до последнего времени предполагалось, что она покрыта толщею лёссовых отложений. Поводом к такому предположению послужило наблюдение над свойствами породы, покрывающей рухляковым покровом главным образом долины рек, и заключение, сделанное таким образом, было распространено на всю область.

Если мы припомним существенные свойства лёсса, о которых мы говорили выше, то увидим, что по существу самого генезиса этого геологического образования оно не может пользоваться узко местным распространением, а должно охватывать собою обширные области, в которых оно опять-таки должно залегать в виде сплошного покрова, прерывающегося лишь благодаря денудационной работе воды и, только в исключительных условиях рельефа, развевающей работе ветра, так как, вследствие основных свойств породы, она не может служить материалом

для местных эоловых наносов, а лишь может образовать те же экзотические эолово-лёссовые отложения. Вследствие вышесказанного в области, покрытой мощным покровом эолово-лёссовых наносов, мы совершенно не можем ожидать развития грубых элювиальных отложений, исключая области предгорий, и вся возможность делювиальной дифференцировки элементов породы может ограничиться лишь разделением их на тончайшие пылеватые частицы элювия лёсса и глинистые элементы делювия лёсса. На самом деле в эолово-лёссовой зоне Русского Туркестана и Семиречья мы встречаемся с резко и равномерно по всей площади выраженными образованиями каменистой пустыни, лёссовых пространств, глинистой пустыни и бугристых песков. Рассматривая каждый из этих типов рухлякового покрова, мы видим, что каменистая пустыня пользуется распространением не только в областях предгорий, но и на таком расстоянии от горных областей и при таком пространственном развитии, которое никак не может быть объяснено ни результатом осыпей, ни овражными выносами, ни делювиальной, ни пролювиальной работой воды, тем более, что элементы каменистого элювия подстилаются лёссовой породой, в которой те же грубые элементы встречаются на самой различной глубине, и по всей совокупности признаков покров каменистой пустыни должен быть признан элювием лёссовой породы. Далее следует добавить, что не только в рассматриваемой области, но и на пространстве беспредельных степей Оренбургской губернии и областей Уральской, Акмолинской, Тургайской и Семипалатинской и Томской губернии каменистый покров в большей или меньшей степени выражения представляет характерное явление и генетически связан с подстилающей его породой.

Бугристые пески на огромной части площади являются производными тех могучих аллювиальных артерий, которые прорезывают эту страну, и эти пески, развеваемые ветром, захватывают и часть внепойменной области рельефа; но несомненно, что значительная часть этих материковых бугристых

песков не может быть отнесена к производным аллювиальных потоков, а является чисто материковым образованием; иначе нельзя объяснить типичного для многих местных песчаных областей присутствия каменистого, хрящевого или грубопесчаного покрова во всех отрицательных элементах рельефа этих бугристых песков, ибо аллювиальные пески по самому способу их образования не могут содержать подобных крупных элементов, и огромные площади таких валунных песков по характеру их залегания должны быть признаны остатками от выдувания рухлякового покрова, их подстилающего, или также элювием лёсса. Обширные пространства глинистых пустынь и такыров также обычно сопровождаются присутствием более или менее резко выраженных скоплений каменистых или хрящеватых отложений или на положительных элементах рельефа глинистой пустыни, или равномерно рассеянных по всей ее поверхности и по краям такырных углублений, и должны быть признаны или органически связанными с глинистой породой, образующей глинистые пустыни, или элювием лёсса в такырных образованиях. Наконец, на обширных пространствах лёссовых областей, в районах первичного залегания лёсса мы всегда встречаемся с типичным пустынным покровом, состоящим или из отшлифованной гальки, или из полированного крупного песка, и те же элементы, но лишенные полировки и шлифовки, рассеяны всегда по всей толще лёсса, который, в свою очередь, всегда на большей или меньшей глубине подстилается горизонтом той же гальки или песка, с которым толща лёсса постепенно нормально сливается. Элементы галечного горизонта несут на себе тоже ряд признаков, которые не оставляют сомнения в их происхождении: они бывают всегда лишь частично окатаны, большая часть их обнаруживает глубокие штрихи и борозды, часть их бывает сточена и отполирована по какой-нибудь плоскости, и многие несут глубокие следы ветровой коррозии и экскавации более мягких элементов породы; наконец, эти гальки и пески всегда состоят из самых

разнообразных горных пород — известняков, мраморов гранитов и других алюмосиликатных пород, железняка, конгломератов, звеевика, песчаников, глин и т. п., причем породы, из которых состоят элементы этого галечного горизонта, рассеяны в своем первичном залегании в самых разнообразных областях горных стран, отстоящих на сотни километров от места современного нахождения их обломков. Тот же характер носят и грубозернистые элементы пустынного покрова степей и каменистых пустынь с тою разницей, что ветровая полировка, которой они подвергались на дневной поверхности их современного места залегания, стрела или замаскировала многие из вышеперечисленных признаков, и совершенно неприкосновенным остался лишь признак пестроты их состава из самых разнообразных пород. Только в долинах рек этой области мы встречаемся с породой, которую по своим признакам можно было бы признать за лёсс, но исключительность ее положения только в поиме рек противоречит признаку широты пространственного распространения лёсса.

Вся приведенная подавляющая масса признаков и свойств рухлякового покрова Среднеазиатской России приводит к одной только логической неизбежности признания их ледниковыми наносами, и так как преобладающая масса элементов, их составляющих, представляет результаты выветривания известняков, эта порода должна быть признана карбонатной мореной, нанесенной несколькими системами ледников, имевших несколько горных центров своего образования.

* * *

Мы уже упомянули в начале настоящей книги, что вслед за отступающим ледником обособившаяся на его поверхности рухляковая порода могла быть занята исключительно тундровой растительностью с чрезвычайно неглубокой корневой системой, проникновению которой в глубину породы мешала низкая температура этой среды, поддерживаемая присутствием

вечной мерзлоты на некоторой небольшой глубине. Растительность тундры не могла достигнуть сколько-нибудь значительного развития не только вследствие неблагоприятных тепловых условий, но главным образом вследствие крайне ограниченного количества элементов зольного питания, имевшихся в ее распоряжении, так как толщина оттаивающего летом горизонта почвы, бывшего в распоряжении корней, а следовательно, и объем ее, были очень ограничены. Поэтому все процессы образования и разложения органического вещества должны были ограничиться почти исключительно горизонтами органического вещества, скопившегося на поверхности почвы. Вследствие непроницаемости рухляковой породы, обусловленной присутствием вечной мерзлоты, нерасчлененности рельефа первичного ледникового ландшафта, препятствовавшего стеканию поверхностной воды, и условий влажного и холодного климата приледниковой зоны, препятствовавших испарению воды, обстановка разложения органического вещества должна была быть анаэробной, при которой вся возможность воздействия этого процесса на минеральную среду, в которой он протекает, ограничивается исключительно восстановительным его влиянием. Но и это влияние не могло проникнуть на значительную глубину в рухляковую породу, так как область проникновения в последнюю корневой системы тундровой растительности не могла отличаться большой мощностью, а в отсутствие органического вещества, при обычном давлении и температуре земной поверхности, неосуществим и сам процесс восстановления.

Таким образом, воздействие почвообразовательного процесса на рухляковую породу могло начаться только с периодом завоевания древесной растительностью территории, занятой тундрой. Такая смена господствующей флоры в указанном порядке должна была осуществиться вследствие того, что только микотрофно питающиеся деревянистые растения с своими многолетними корнями, раскинутыми широкой сетью,

могли охватить достаточно большой объем крайне бедного элементами зольной пищи растений торфа и обусловить возможность достаточного питания молодого растения, прежде чем его корни проникли в рухляковую породу и поставили растение вне зависимости от того или иного богатства поверхностных горизонтов почвы элементами необходимой ему пищи.

Мы видели в предыдущем, что под влиянием протекающего под пологом древесной растительности подзолообразовательного процесса в верхних горизонтах рухлякового покрова страны — ее материнской породы — обособляется свита горизонтов, образующих в своей совокупности подзолистую почву. В последовательном, начиная сверху, порядке эти горизонты следующие: 1) горизонт лесной подстилки, 2) подзолистый горизонт, 3) ортштейновый, или рудяковый горизонт, 4) глеевый горизонт и 5) материнская порода. Горизонт лесной подстилки является как местом отложения ежегодно отмирающего органического вещества деревянистых растений, так и местом отложения всего количества зольных элементов пищи растений, собранного из всей толщи породы, пронизанной корнями растений, и заключающегося в отмершем органическом веществе, а также и местом разрушения отлагающегося органического вещества и освобождения в минеральной форме всех зольных элементов органического вещества, а равно как и местом образования креновой кислоты. Подзолистый горизонт представляет область растворения и разрушения беспрерывно протекающим через него раствором креновой кислоты всех ингредиентов почвы, способных растворяться в креновой кислоте. В результате этого процесса упомянутый горизонт состоит только из кварца, аморфной креновой кислоты, как бывшей в породе, так и вновь выделившейся при процессе разрушения каолина креновой кислотой и небольшого количества обломков безводных алюмосиликатов и силикатов. Ортштейновый горизонт представляет место отложения части соединений, выщелачиваемых из двух верхних горизонтов, вследствие разло-

жения органического вещества горизонта лесной подстилки и растворения и разрушения раствором креновой кислоты части элементов породы подзолистого горизонта. Такими веществами, отлагающимися здесь частью под влиянием анаэробных бактерий, частью вследствие усреднения свободной креновой кислоты, будут углекислый кальций, окись железа, окись марганца и окись алюминия, апокренаты кальция, окиси железа, марганца и алюминия и фосфаты кальция и железа; все эти вещества отлагаются в виде аморфных коллоидальных осадков, кроме фосфата кальция и железа и углекислого кальция, которые оседают в виде аморфных порошков. Коллоидальные осадки, отлагающиеся здесь, облекают элементы рухляковой породы и аморфные осадки фосфатов и углекислого кальция и цементируют их или в форме отдельных конкреций в породах глинистых, в которых вода передвигается крайне медленно, или в виде сплошного пропитывания и цементации всей породы в том случае, когда вода в породе передвигается быстро, как это бывает в породах песчаных и пылеватых. Кроме вышеперечисленных элементов в породе, при осаждении аморфных коллоидальных осадков их задерживается и, облекаясь коллоидальной массой осадков, защищается от выщелачивания значительное количество других растворимых в воде соединений, из которых нас интересует серноизвестковая соль, серно-натровая соль, сернокалиевая соль, хлористый калий, серно-магнезиальная соль, хлористый магний и апокренаты калия и магнезии. Кроме того, здесь оседает под влиянием замерзания и часть выделяемой анаэробными бактериями ульминовой кислоты. Таким образом, в ортштейновом горизонте задерживаются в форме органического вещества большие количества азота, так как и апокреновая и ульминовая кислоты содержат очень большое количество его, и, кроме того, все элементы зольного питания растений частью в форме органоминеральных соединений, частью в состоянии минеральных соединений, облеченных коллоидальными органоминеральными и минеральными

осадками, защищающими их от выщелачивания. Глеевый горизонт представляет тот же ортштейновый горизонт, в котором вследствие недостатка притока растворимых кренатов, обращенных в апокренаты или разрушенных в ортштейновом горизонте, анаэробные бактерии принуждены направлять свою восстановительную деятельность на минеральные составные элементы материнской породы, и поэтому как свободная окись железа, так и апокренат окиси железа восстанавливаются первая в свободную закись железа, второй — в апокренат закиси железа; вторая соль в значительной степени растворима в воде, и так как при ее растворении и выщелачивании вся масса коллоидальных осадков этого горизонта значительно разрыхляется, то процесс выщелачивания захватывает собою и облегченные коллоидальными осадками растворимые в воде соединения элементов зольного питания растений.

Таковы основные свойства различных горизонтов подзолистой почвы. Совершенно ясно, что так как свойства этих горизонтов являются следствием промывания их водой, несущей в растворе креновую кислоту, то и характер водного режима породы должен играть кардинальную роль в определении степени выражения всех этих свойств. Характер водного режима породы при равновеликом притоке воды из атмосферы будет определяться двумя моментами — свойствами рухляковой породы и ее положением на элементах рельефа; в свою очередь, свойства рухляковой породы будут определяться также двумя моментами — характером ее происхождения и образования и опять-таки положением ее на элементах рельефа. Ввиду сказанного мы сначала обратимся к рассмотрению влияния положения породы на элементах рельефа на ее свойства и на степень выраженности в ней результатов подзолообразовательного процесса, тем более, что этот порядок влияний будет выражаться независимо от характера первичных — генетических свойств породы, которые могут влиять лишь на величину количественного проявления влияния первого порядка, совер-

шенно не касаясь качественного проявления этого влияния.

Различия в положении породы на различных элементах рельефа местности определяют собою главным образом различия в режиме делювиальных и почвенных вод. По отношению к делювиальным водам эти различия могут быть выражены в трех основных положениях:

1) количество делювиальных вод беспрерывно возрастает по направлению от водораздела к подошве склонов и достигает своего максимума в долинах;

2) скорость движения делювиальных вод беспрерывно уменьшается по направлению от водораздела к подошве склонов и в долинах достигает своего минимума;

3) время существования, а следовательно, продолжительность воздействия делювиальных потоков на элементы породы беспрерывно растет по направлению от водораздела к долине.

Вследствие таких соотношений максимальное влияние поверхностных вод на снос элементов породы будет выражено на водоразделе и по мере удаления от него в область долины делювиальные воды будут сносить все более мелкие частицы породы, и, наоборот, явления отложения снесенных частиц породы совсем не будет выражено на водоразделах и достигнет своего наибольшего выражения в долинах. Совокупность этих влияний и обусловит обособление грубозернистых — элювиальных — пород на водоразделах и отложение все более мелкозернистых и все тщательнее сортированных, благодаря возрастающему количеству воды и также возрастающему времени воздействия воды на унесенные ею элементы породы, делювиальных пород на элементах склонов вплоть до высоко однородных тяжелых делювиальных глин долины.

В соответствии с вышесказанным и характер материнских пород в различных рассмотренных нами областях в зависимости от рельефа местности и степени его выражения будет таков. В лесо-луговой или дерновоподзолистой зоне, в зависимости от отсутствия сортировки покрывающей эту зону кислой алю-

мосиликатной морены и от степени выраженности элементов рельефа, находящегося здесь, как мы уже упоминали, в стадии бурного периода прогрессивного развития, мы находим наиболее резкое выражение влияния рельефа страны на характер покрывающей ее рухляковой породы. Водоразделы покрыты грубозернистым элювием морены, то каменистым, то хрящеватым, то песчаным, свеенным в бугристые пески, пониженные элементы рельефа которых покрыты каменистым или хрящеватым элювием элювия морены. Верхние половины первой трети склонов покрыты навеянными песчаными породами, в нижней половине первой трети склонов представлены супеси. Верхние половины второй трети склонов покрыты легкими суглинками или тяжелыми супесями, переходящими в нижней половине второй трети склонов в суглинки. Верхние половины третьей трети склонов покрыты тяжелыми суглинками, переходящими в нижней половине той же трети в легкие глины, которые в области прилегающей долины переходят в тяжелые делювиальные глины. Сáмо собою разумеется, что указанное распределение представляет лишь общую схему самого полного случая распределения продуктов поверхностного изменения первоначальной алюмосиликатной морены, представленной во всей полноте ее состава, и что в тех случаях, когда мы встречаемся с безвалунной — суглинистой — мореной или тяжелой безвалунной глинистой мореной, или с песчаной мореной, или с первичным делювием морены, который нередко залегает на водоразделах, или с местными проявлениями карбонатной морены, которая островами встречается в этой области, то мы можем столкнуться не только с неполным выражением всех членов вышеперечисленной схемы, но и с отсутствием нескольких членов ее или с наличностью такого состава породы различных элементов рельефа, который характерен для других областей.

Область алюмосиликатной морены частью заходит и в зону лугово-степную, или черноземную, покрывая северную ее часть; остальная, южная ее часть целиком покрыта карбонатной

мореной, лишь местами прерываемой выходами коренных пород и продуктами их поверхностного изменения. Припоминая общие свойства карбонатной морены, мы неминуемо должны придти к выводу, что того разнообразия, которое мы только что видели, в этой области мы встретить не можем; здесь все разнообразие продуктов перемыва и перевевания карбонатной морены сводится к перевеянным пескам, изредка встречающимся на более высоких элементах рельефа, который в этой области уже начинает приближаться к состоянию предельной равнины; чаще элювий морены бывает представлен тонкими лёссовидными песками. Средние части склона покрыты большей частью породой, мало отличающейся от основной карбонатной морены, и в отрицательных элементах рельефа мы встречаемся с лёссовидными глинами. Этими тремя разностями и ограничивается все разнообразие продуктов поверхностного изменения карбонатной морены.

Некоторой частью области своего распространения карбонатная морена заходит в зону полупустыни, но главная часть этой зоны подстилается красной пермской глинистой мореной. В этой области мы встречаемся с еще меньшим разнообразием продуктов поверхностной деятельности воды и ветра, что станет понятным, если мы припомним, что красные и пестрые пермские мергеля и мергелистые глины в своем первичном залегании уже являются продуктами такой же деятельности воды и ветра в условиях суши, и, следовательно, вторичная переработка продуктов их переноса ледником — их морена — уже не может дать большого разнообразия отложений. Мы здесь можем констатировать лишь едва уловимые оттенки между более легкими глинами положительных элементов рельефа и более тяжелыми глинами отрицательных элементов, оттенки, которые выражаются скорее в разнице отложения этих пород, чем разницей их механического состава.

Зато с тем же разнообразием продуктов эрозионной деятельности воды и работы ветра, как и в области алюмосиликатной

морены, мы встречаемся в степной зоне в области карбонатной морены, обычно несущей название среднеазиатского лёсса. Здесь это разнообразие является следствием не столько разнообразия механического состава самой основной морены, сколько следствием выраженности рельефа, который здесь в степи, в связи с возрастом страны, достигает предельной степени своего регрессивного развития — состояния предельной равнины; благодаря этому переработке водой и ветром подвергались такие массы первоначальной основной морены, которые даже при незначительном относительном содержании грубых и тонких элементов дали в конечном результате скопление значительных абсолютных количеств этих элементов.

Отчасти в связи со свойствами самих элементов рельефа местности в их отношениях к количественному притоку воды из атмосферы, отчасти в зависимости от различия свойств рухляковой породы, покрывающей различные элементы рельефа, и распределение по ним почвенной воды подчиняется определенной закономерности.

Мы уже видели, что эта закономерность отношений элементов рельефа к распределению по ним почвенной воды выражается следующими четырьмя положениями:

1) Количество почвенной воды беспрерывно растет по направлению от водораздела к долине.

2) Скорость движения почвенной воды по направлению склонов беспрерывно уменьшается по направлению от водораздела к долине.

3) Постоянство присутствия почвенной воды беспрерывно растет по направлению от водораздела к долине.

4) Глубина залегания верхнего уровня почвенной воды беспрерывно уменьшается по направлению от водораздела к долине.

Ясно, что все отношения рухляковой породы к тем внешним и заключающимся в самой породе факторам, распределение которых по площади, занимаемой породой, зависит от их отно-

шений к воде, циркулирующей в породе, будет подчиняться той же закономерности.

Эти отношения будут касаться главным образом двух моментов распределения по элементам рельефа всех веществ, растворимых в воде, и распределения условий аэробиозиса или анаэробиозиса.

Ясно, что креновая кислота — основная причина оподзоливания почвы — будет глубже всего проникать в породу на водоразделе и на наименьшую глубину в области долины, но зато время пребывания ее в породе будет изменяться в обратном направлении. Также и кремневая кислота, выделяющаяся при процессе оподзоливания в состоянии растворимой в воде и постепенно, с течением времени, переходящая в нерастворимую в воде модификацию, будет оставаться все более долгое время в массе породы по мере приближения к области долины, и, следовательно, в том же направлении будет расти обогащение породы порошковатой кремневой кислотой.

Совершенно так же и все элементы пищи растений и все элементы, обусловливающие обособление ортштейнового горизонта, будут строго подчиняться вышеприведенным четырем положениям; и, кроме того, как элементы пищи растений, так и вообще все растворимые в воде вещества, образующиеся на поверхности почвы под влиянием воздействия аэробных процессов разложения органического вещества, будут подчиняться общим законам движения делювиальных вод.

Распределение условий аэробиозиса и анаэробиозиса будут также строго подчиняться той же закономерности, так как вода и воздух в рухляковой породе являются антагонистами. Поэтому условия аэробиозиса найдут наиболее яркое проявление на элементах водораздела, и степень их выраженности будет беспрерывно падать по направлению к долине, и в том же направлении и в том же смысле будут изменяться и глубина проникновения этих условий в толщу породы и продолжительность непрерывности господства их в ее массе.

Наоборот, условия анаэробиозиса будут наиболее сильно выражены в долинах, где они вместе с тем достигнут максимума своей непрерывности и захватят толщу породы на наименьшей глубине от поверхности ее, и все эти условия выражения анаэробиозиса будут беспрерывно затухать по направлению к водоразделу.

В связи с только что сказанным и степень развития рудякового и глеевого горизонтов будет также приобретать все возрастающее выражение по направлению от водораздела к долине.

Так как все условия длительности существования и господства деревянистой растительной формации также непрерывно изменяются как в смысле положительной интенсивности их выражения, так и в смысле длительности их существования по направлению от водораздела, где мы встречаем максимум их выражения, к долине, то степень исчерпания породы по отношению к элементам зольного питания растений также беспрерывно растет по направлению от долины к водоразделу, на котором это обеднение породы находит максимум как своего количественного выражения, так и своего распространения в глубину породы.

Наиболее яркие и наименее замаскированные позднейшими процессами примеры крайних степеней влияния подзолообразовательного процесса на изменение первоначальных свойств рухляковой породы под воздействием элементов рельефа мы встречаем в лесо-луговой зоне на алюмосиликатной морене, в двух крайних выражениях почв этой зоны — в водораздельных подзолах и тяжелых подзолах глубоких долин.

Оставляя в стороне горизонт лесной подстилки, который является обязательным лишь в тех случаях, когда весь процесс еще находится в периоде развития, мы в водораздельных подзолах встречаем лишь один горизонт — подзолистый, залегающий непосредственно на материнской породе; почва этого подзолистого горизонта не отличается сильной степенью оподзоли-

вания и не содержит значительного количества аморфного кремнезема, но зато отличается своей мощностью, достигая часто глубины одного метра. Причина отсутствия других горизонтов лежит в разобранных выше условиях эфемерности присутствия в этих почвах воды и вместе с нею всех тех элементов, которые вода быстро вымывает на элементы склонов.

Полной противоположностью этих почв являются тяжелые подзолы долин. Их тяжесть является следствием глубокого оподзоливания породы, в которой, благодаря делювиальным сносам, имеется и много материала для оподзоливания и в которой заключается и много креновой кислоты, беспрерывно вмываемой в породу и сверху, и из вышележащих элементов склонов; с другой стороны, кремневая кислота беспрерывно притекает из почвы склонов, при своем медленном движении массами переходит в нерастворимое состояние. Подзолистый горизонт этих почв не отличается мощностью и на глубине 20—30 см переходит в резко выраженный мощный рудяковый горизонт. Резкость выражения этого горизонта может доходить до обособления его в форме прослойки сплошного камня железной руды; мощность же его может достигать 20—30—50 см. Содержание фосфатов в этом горизонте может также достигать обособления их в форме сплошных залежей вивианита. Глеевый горизонт этих почв также достигает крайних степеней своего выражения, простираясь часто на глубину свыше 1 метра и доходя до степени полного обесцвечивания породы.

Почвы промежуточных между этими крайними областями рельефа элементов склонов представляют все переходы от одного типа этих почв к другому, и близость их по выраженности типа к той или иной из описанных выше почв зависит от положения, которое они занимают на элементах склонов.

Проявление того же влияния подзолообразовательного процесса на карбонатной морене получает несколько иное выражение. Прежде всего, карбонатная морена содержит гораздо меньшее количество материала, способного войти в ре-

акцию с креновой кислотой и в то же время способного противостоять выщелачиванию водой, содержащей угольную кислоту. Таким материалом являются окись железа и каолин, которых в рухляковой карбонатной морене — южнорусском лёссе — содержится гораздо меньше, чем в северной алюмосиликатной морене. Углекислая же известь, которой карбонатная морена содержит гораздо большее количество по сравнению с ее северным аналогом и которая является реликтом тех карбонатных пород, которые дали начало рухляковой породе, растворяется легко в воде, содержащей в растворе угольную кислоту. Этому процессу выщелачивания углеизвестковой соли сильно способствует и сравнительно большая проницаемость породы для воды, что является следствием малого содержания в ней каолина и окиси железа.

Вследствие вышесказанного, процесс оподзоливания верхнего горизонта распространяется в этой породе на гораздо бóльшую глубину, и получающиеся почвы содержат несравненно меньшее количество тонкой порошковатой аморфной кремневой кислоты. Поэтому мы не встретим такой резко выраженной разницы в свойствах верхнего горизонта между почвами водоразделов и долин.

Ортштейновый горизонт также вследствие легкой проницаемости породы откладывается не в форме конкреций и сконцентрированного и сравнительно тонкого горизонта рудяка, а элементы, его образующие, равномерно пропитывают мощные толщи рыхлой породы, придавая ей красно-бурый цвет, характерный для аморфного осадка апокрената железа и для окиси железа, и образуя иногда так называемый горизонт скопления полуторных окислов, и лишь в сравнительно редких случаях мы встречаем обособившийся плотный слой рудяка в почвах подошвы склонов. Кроме того, в карбонатной морене мы встречаемся с гораздо более частым выражением ортштейнового горизонта в виде известкового ортштейна, принимающего в более плотных глинистых разностях карбонатной морены

формы отдельных стяжений — журавчиков, представляющих местные скопления смеси углекислой извести и апокрената извести и подчиняющихся в своем распределении по области тому же влиянию рельефа; они начинают появляться лишь со второй половины первой трети склона, и количество их, а равно и величина, все более растут по мере приближения к долинам, где часто известковый ортштейн сливается в сплошную плиту так называемой жёрствы. Иногда тот же ортштейновый горизонт бывает представлен простым равномерным увеличением в массе породы порошковатой углекальциевой соли, всегда сопровождаемой апокренатом извести, и носит обычно название горизонта вскипания, подчиняясь также в своем выражении влиянию рельефа местности; в наиболее пониженных частях рельефа местности горизонт этот получает характер сплошной мажущейся прослойки, так называемой крейды, которая на Украине служит для побелки хат и которая также состоит из карбонатной морены, пропитанной насквозь равномерной смесью углекислой извести и апокрената ее; часто тот же горизонт приобретает характер так называемой белоглазки, т. е. породы, в которой равномерно вкраплены рыхлые скопления той же самой извести.

Глеевый горизонт бывает выражен лишь в крайне редких случаях—он уже опять окислился вследствие легкой проницаемости породы значительной продолжительности периода времени, протекшего с момента его обособления, и общего характера современного водного режима всей зоны, определяющего ежегодное глубокое просыхание породы и, следовательно, ее проветривание,— поэтому мы встречаем этот горизонт в качестве реликта лишь в исключительных условиях выражения рельефа.

Как в области карбонатной морены, так и в областях двух последующих типов моренных отложений следы воздействия подзолообразовательного процесса в значительной степени стерты и замаскированы последующими явлениями размыва

рельефа страны и его развевания — явлений, неизбежно связанных с эволюцией растительного и почвенного покрова страны.

В области преимущественного господства пермской глинистой морены мы встречаемся с некоторой разницей в проявлении результатов воздействия подзолообразовательного процесса на рухляковую породу. Вследствие крайней выравненности и тонкозернистости глинисто-карбонатной породы и чрезвычайной медленности передвижения в ней воды, углекислая известь из нее выщелачивается крайне медленно; поэтому, несмотря на очень значительное содержание в ней свободной окиси железа и каолина, образование подзолистого горизонта встречает большие затруднения и большей частью органичивается первой своей стадией — выщелачиванием углеизвестковой соли. Только самые поверхностные, обыкновенно тонкие, горизонты несут на себе следы последующих стадий развития того же процесса — растворения окиси железа и еще реже и в еще более слабом выражении разрушения каолина. При этом, вследствие чрезвычайно трудной подвижности воды в этой породе, значительно сглаживается разница в выражении подзолистого горизонта на положительных и отрицательных элементах рельефа.

В связи с вышесказанным и рудяковый горизонт находит себе выражение преимущественно в виде горизонта скопления порошковатой углеизвестковой соли в смеси с апокренатом извести, т. е. в форме так называемого горизонта вскипания; этот горизонт, вследствие трудной подвижности воды в глинистой породе, выражен даже на водоразделах и в долинах переходит в горизонт белоглазки. В тех частях области, где порода содержит меньшее количество извести, обособляется ортштейновый горизонт с отложением, наряду с известковыми солями, и окиси железа с апокренатом его. Такой рудяковый горизонт всегда откладывается в форме равномерного рассеяния в породе, придавая ей, благодаря обогащению новой

массой коллоидальных веществ, свойства еще более тяжелой коллоидальной глины, которая при высыхании растрескивается на крупные столбообразные отдельности, отделенные друг от друга зияющими трещинами. По причине, которая была упомянута выше, такой ортштейновый горизонт дифференцируется в почти одинаковой степени выражения как на водоразделах, так и в долинах.

Последняя область карбонатной морены среднеазиатских степей — самая древняя по своему почвенному возрасту часть страны, в которой в настоящее время господствует степной почвообразовательный процесс, такой же бурный в своем проявлении, как и обусловливающий его аэробный процесс разложения органического вещества. По этим двум причинам в рухляковой породе, покрывающей страну, сохранились только редкие реликтные остатки влияния на него подзолообразовательного процесса, рассеянные по всей стране, и о них мы в настоящем месте говорить не будем.

Таковы те изменения, которые претерпевала с момента своего отложения та минеральная среда, в которой развивался дерновый почвообразовательный процесс под влиянием воздействия луговой травянистой растительной формации.



## ГЛАВА ТРЕТЬЯ

*Прогрессивный период дернового почвообразовательного процесса на внепойменных элементах рельефа. Общий характер воздействия растительности на среду. Лизиметрический метод исследования. Существенные признаки дернового процесса. Причины, определяющие эти признаки. Свойства деревянистой и травянистой растительных формаций. Отступание леса. Накопление органического вещества в почве под влиянием травянистой луговой растительной формации и его причины. Причины перехода прогрессивного периода дернового процесса в направление регресса. Появление бобовых в осветляющемся лесу. Корневищевые злаки леса. Эфемеры в нем. Корневищевые растения других семейств. Паразиты. Автотрофные зеленые мхи. Осложнение состава флоры при повторении процесса осветления леса. Причины появления рыхлокустовых злаков. Позднейшая автотрофная флора осветленного леса. Появление микотрофной флоры. Плотнокустовые злаки. Условия естественного лесовозобновления. Изменение питательного режима почвы леса. Дерновый процесс при быстром удалении леса. Световой, тепловой и питательный режим почвы после сводки леса. Лесные бурьяны. Корневищевые злаки. Причины быстрого исчезновения их. Рыхлокустовой период. Автотрофная флора его. Микотрофные мхи. Паразиты переходного периода. Микотрофные плотнокустовые злаки. Азотное питание плотнокустовых злаков. Продолжительность плотнокустового периода луга. Конец прогрессивного периода развития лугового дернового процесса. Дерновый процесс в зонах лугово-степной и степной. Перелог. Характер засоренности полей в конце культурного периода. Группы сорняков. Бурьянистый период перелога. Группы сорняков на нем. Продолжительность бурьянистого периода перелога. Пырейный период перелога. Причины его быстрого наступления и бурного развития. Продолжительность пырейного перелога. Изменение свойств почвы под влиянием пырея. Появление весенних эфемеров. Изреживание травостоя пырея. Наступление тонконогового периода перелога. Появление глубококорневой многолетней флоры перелога. Причины начинающегося преобладания бобовых.*

*Типцовый период перелога. Особенности корневой системы типцов. Состояние почвы перелога в это время. Водный режим типцового перелога. Появление ковылей. Особенности строения корневой системы ковылей. Появление кустарной растительности на ковыльной степи.*

* * *

В природных условиях переход от подзолообразовательного процесса к дерновому совершается в высокой степени постепенно и незаметно, путем накопления последствий таких процессов, которые влияют на среду, в которой развиваются растительные сообщества, также медленны и результаты воздействия которых представляются на первый взгляд малозначущими. Таков общий характер влияния всех геологических моментов. Но под влиянием деятельности человека нам часто приходится быть свидетелями смены растительного покрова, совершающейся в короткие промежутки времени. Такого рода быстрые смены могут чаще всего вносить значительные затруднения в изучение этих признаков, так как в развивающийся медленным темпом природный процесс, достигший уже известной стадии развития, сразу врывается новый комплекс влияний, под воздействием которых получается чрезвычайно сложная картина взаимной интерференции влияний обоих комплексов причин, требующая большой осторожности в интерпретации ее результатов. К такого рода случаям относится наичаще встречающееся влияние быстрого сведения леса рубкой его или корчевкой, часто еще более усложненное результатом пастьбы скота на лесосеках при промежуточном сельскохозяйственном использовании их. В более чистой форме эти процессы приходится наблюдать, а иногда и изучать, при искусственных сооружениях, связанных с более или менее глубоким обнажением больших площадей от природного почвенного покрова и с насыпкой его на других площадях, как это имеет место при железнодорожных и гидротехнических сооружениях, при обширных планировочных работах, а также при обвалах, оползнях и наносах песчаных пород

водой и ветром. Но во всех этих наблюдениях слишком большую роль играет счастливый случай, и лишь в крайне исключительных условиях может быть речь о систематичности исследования. Поэтому единственным надежным методом исследования явлений такого порядка является метод лизиметрического исследования их. Нужно, однако, иметь в виду, что этот метод обладает и многими неудобствами. Прежде всего, самое сооружение лизиметров представляет далеко не простую задачу, так как каждый лизиметр должен обладать поверхностью не менее четырех квадратных метров и, как минимум, одним метром в глубину. Стенки лизиметров должны быть непроницаемы и не должны отдавать чего бы то ни было содержащейся в них почве или растущим на ней растениям. Каждый лизиметр должен давать возможность строго контролировать количество попадающей в него атмосферной воды и количество вытекающей из него лизиметрической воды, собирание и учет количества которой должны быть обставлены с возможной простотой. Благодаря всем этим требованиям даже небольшая батарея в десять лизиметров представляет уже довольно серьезное сооружение, стоющее больших средств. Еще бо́льших затрат внимания и труда, а часто и средств, стоит выбор соответствующих почв или отдельных их горизонтов, или рухляковых пород, которыми наполняются лизиметры, определение их веса, выравнивание их свойств и придание им однородности залегания; достаточно сказать, что приходится иметь дело с десятками тысяч килограммов и почвы часто привозить из-за сотен или тысяч километров. Не меньшего внимания требует наблюдение за чистотой лизиметров в смысле появления на них многих сорных растений, семена которых постоянно наносятся ветром. Но самым трудным делом при учете лизиметрических данных представляется учет количества веществ, увлекаемых из почвы водою в форме растворимых и взмученных в воде соединений как минеральных, так и органических. Здесь также достаточно указать на то, что приходится иметь дело с миллио-

нами и десятками миллионов кубических сантиметров жидкости, количество которой не равномерно распределено на пространстве целого года, а скачком возрастает до громадных количеств в период весеннего таяния снега, после ливней и каждого понижения барометрического давления. Все это количество воды, чрезвычайно легко подвергающейся изменениям и разложению содержащихся в ней органических соединений, должно быть немедленно количественно профильтровано через бактериальные фильтры — свечи, причем должна быть обеспечена уверенность в том, что свеча фильтра и все его вспомогательные части не отдают воде ничего и не поглощают из нее чего-нибудь; требуется мощная батарея фильтров, работающих под давлением полной атмосферы и допускающих количественную промывку их. Фильтры должны также давать возможность количественного собирания и учета тончайших взмученных веществ, уносимых в некоторых случаях водою из почвы или породы. За операцией фильтрации следует операция количественного выпаривания всей массы воды, которое может вестись только на паровых банях и которое должно быть закончено возможно быстро, иначе последует разложение жидкости. Уже одни перечисленные операции требуют чрезвычайно мощной лаборатории и высокой добросовестности, в высшем смысле этого слова, персонала, и я не могу не воспользоваться случаем, чтобы выразить мою глубочайшую признательность и мое глубокое уважение перед выдержкой и самоотверженностью моих ближайших сотрудников в моей многолетней работе по лизиметрическому исследованию почвообразовательного процесса в лаборатории почвоведения Петровской Сельскохозяйственной Академии — ассистентов Ксении Ильиничны Голенкиной и Надежды Елеазаровны Любченко и младших сотрудников Ивана Степановича Тельпанова, Владимира Адриановича Козлова и ныне покойного Евдокима Михайловича Михайлова.

За операцией выпаривания следует тягостная операция

количественного отделения осадка от фарфоровой чашки и перенесение его в весовой цилиндр. Это отделение может производиться только в воде при помощи острого, как бритва, и гибкого стального шпателя, ибо в противном случае или шпатель отделит частицы эмали чашки или сам оставляет частицы; между тем осадки, содержащие всегда много кремневой и титановой кислот, постоянно загибают лезвие шпателя, и его всегда приходится поддерживать на оселке. Таким образом приходится очистить тысячи квадратных метров берлинского фарфора. За этой операцией следует длительная операция сушки при температуре не выше 105° С количественно перенесенных в весовые цилиндры с притертой пробкой осадков; чтобы характеризовать эту работу, достаточно сказать, что в течение круглого года из работы не выходили до тысячи весовых цилиндров. Далее следует операция отделения на бумажном фильтре легко растворимых в воде солей от трудно растворимых, количественная промывка фильтра, новое выпаривание растворимого и новое высушивание до постоянного веса и взвешивание той и другой фракции. Только после этих операций осадки поступают на дробную кристаллизацию с целью изучения состава их минеральных и органических элементов. Если к сказанному прибавить, что результаты почвообразовательного процесса начинают сказываться в более или менее яркой, ощутительной форме лишь по прошествии многих лет, то станет понятной вся трудность работы при помощи метода лизиметрических исследований — единственного метода, приближающегося к требованиям точного научного метода.

Я остановился несколько подробнее на лизиметрическом методе исследования с целью обратить внимание на ту, чрезвычайно трудную для выполнения, массу работы, которая неразрывно связана с методикой научного решения вопросов, стоящих пред такими сложными по существу своему дисциплинами, как почвоведение, биология и агрономия во всем своем объеме, в которых обыкновенно принято судить о влиянии какого-либо

фактора на те элементы процесса, на которые он может оказывать воздействие, по влиянию количественных изменений наличности фактора в изучаемом процессе на конечный суммарный результат всего процесса — на урожай, результат, являющийся функцией изменения всех факторов, одновременно входящих в процесс, и их взаимной интерференции. В этом случае всегда имеется обширное поле для догадок и допущений, и при такого рода решении вопроса мы всегда стоим перед одним уравнением со многими неизвестными, и единственный путь решения таких вопросов есть не только путь точного учета количества всех факторов, принимающих участие в изучаемом процессе, но и чрезвычайно сложный и трудный путь одновременного количественного учета и всех ближайших влияний каждого фактора на изменение условий среды; возможность осуществления этого пути открывается перед нами в лизиметрическом методе исследования таких явлений, но суждение при применении этого метода о роли различных факторов в динамике процесса по общему суммарному выражению одновременного влияния всех факторов — по величине урожая — сводит все значение лизиметрического метода к простому полевому опыту, произведенному лишь в более импозантной обстановке, но ничем по существу не отличающемуся от тех опытов, которые ежегодно производит всякий земледелец при всякой культуре и которые имеют то огромное преимущество, что позволяют судить об экономической стороне дела при условиях местной обстановки. Но, при всей желательности пользования при решении вопросов биологии точной методикой, не следует забывать самого главного,— что во всякой научной работе дело заключается не в обстановке решения вопроса, а в постановке самого вопроса.

* * *

Мы сначала изложим и исследуем ход прогрессивного периода развития дернового почвообразовательного процесса

на внепойменных элементах рельефа лесо-луговой зоны в его чистом природном ходе под влиянием зональных причин, не прерываемом вмешательством каких-либо других элементов, и только после этого познакомимся с теми его модификациями и отклонениями от общей схемы, которые вносят в него вмешательство человека в виде рубки леса и распашки земли, влияние комбинации элементов климата и геологического возраста страны, выражающееся в проявлениях этого процесса в других почвенно-климатических зонах, и, наконец, влияние такого общего для всех зон фактора, как периодические разливы рек.

* * *

Два существенных признака этого процесса определяются каждый существенными свойствами тех двух растительных формаций, под прекрестным влиянием которых протекает весь процесс в его природной обстановке, не прерываемой вмешательством других причин.

Существенными признаками дернового процесса, о которых идет речь, являются прерывчатость его проявления, причем перерывы в ходе процесса имеют ясно выраженное стремление к прогрессивному сокращению и заканчиваются окончательным бесповоротным и непрерывным господством травянистой луговой растительной формации, и вторым признаком является прогрессивное накопление мертвого органического вещества в среде, обитаемой дерновой растительной формацией.

Первый признак определяется свойством лесных и вообще деревянистых растительных сообществ, как сообществ многолетних растений, начинать свое развитие в форме сомкнутого покрова, под пологом которого развитие других зеленых растений встречает крайнее затруднение, и наземный живой микрорастительный покров под которым ограничивается исключительно грибной флорой, так как бактериальная флора с поверхности безусловно изгоняется господством здесь устойчи-

вой кислой реакции и находит условия для своего развития исключительно на такой глубине, где устойчивая кислотность среды под влиянием процесса оподзоливания прекращается, и бактериальная жизнь находит себе выражение в виде богатой флоры анаэробных бактерий.

Но, по мере возрастания древесной породы, образующей молодое сомкнутое насаждение, отдельные наиболее слабые и наименее жизнеспособные экземпляры деревьев постепенно угнетаются более сильными и вымирают; сообщество постепенно изреживается, и к поверхности почвы начинают проникать лучи солнечного света, и под их влиянием в естественно осветленном сообществе древесных растений начинает появляться нижний этаж травянистого живого покрова почвы. С этого времени начинает проявлять свое влияние на почву травянистая дерновая растительность; начинается дерновый процесс. В дальнейшем процессе развития древесного сообщества наступает такой момент, когда под пологом изреженного первого его поколения вновь развивается новое поколение деревянистых растений, густо покрывающих почву и уничтожающих первое поколение травянистой растительности леса, и вновь сначала возобновляется весь процесс смены поколений древесной и травянистой флоры. Существенным признаком этого процесса смены представляется то, что каждый последующий период появления на поверхности почвы естественно осветленного деревянистого сообщества представителей травянистой флоры отличается от каждого предыдущего как своей большей продолжительностью, так и более роскошным развитием растений, его составляющих. Это последнее явление и представляет наиболее общую, распространенную на всех элементах рельефа, причину постепенного удлинения периодов сначала присутствия. затем преобладания и, наконец, господства травянистой растительности, кончающегося полной заменой сообществ деревянистых растений сообществом травянистых.

Указанное явление носит обычно название затрудненности естественного лесовозобновления и развивается под влиянием прогрессивного успеха развития травянистой флоры с каждым новым периодом ее появления в качестве живого покрова почвы естественно осветляющегося сообщества деревянистых растений. Чтобы дать себе полный отчет в причинах развития этого явления, нужно припомнить, что основным существенным свойством травянистой луговой растительной формации является ее свойство сохранять в поверхностных горизонтах почвы часть отложенных ею мертвых органических остатков в неразрушенном состоянии вплоть до момента нового ежегодного отмирания органического вещества нового поколения этой флоры. Мы увидим далее, что относительная величина неразлагающейся части ежегодно откладываемого мертвого органического вещества прогрессивно растет с каждым годом. Если мы припомним, что рядом с ростом количества органических остатков в почве растет в том же отношении и количество зольных элементов, заключающихся в органических остатках, и что эта зола состоит в большей своей части из элементов зольного питания растений и что рядом с увеличением в почве органического вещества неминуемо увеличится и содержание в почве азота, то станет ясно, что с каждым возвращающимся периодом появления на поверхности почвы естественно осветляющегося леса травянистой растительности должны все более улучшаться и условия зольного и азотного питания этой флоры.

Причина сохранения всего запаса органического вещества, отложенного травянистой флорой в почве леса, до времени появления нового периода господства этой флоры заключается в том, что с момента каждого периода замыкания лесного полога сразу прекращается почти всякая возможность разложения этого органического вещества. В почве сомкнутого лесного сообщества господствуют условия кислой реакции, и, следовательно, бактериальное разложение в ней органического вещества совершенно исключено Также совершенно исключена

и возможность самостоятельного развития в почве грибной флоры, вследствие полного задержания всего кислорода бурно протекающим процессом разложения лежащего выше почвы органического вещества лесной подстилки, и единственным возможным процессом разрушения занимающих нас растительных остатков представляется процесс разрушения их грибами, симбиотически сожительствующими с высшими растениями в виде микоризы, доступ кислорода воздуха к которым обеспечивается притоком по тканям корней высшего растения. Но развитие микоризы лесных деревьев возможно лишь в таких горизонтах лесной почвы, где нет свободной креновой кислоты, и отчасти по этой причине мы находим область максимального развития корневых окончаний деревьев на глубине 50—100 см, и разложение микоризой остатков травянистой флоры, сосредоточенных в самых поверхностных горизонтах почвы, содержащих свободную креновую кислоту, сводится к ничтожной величине. Таким образом, всякое новое поколение травянистой растительности уже находит готовый запас элементов зольного питания и азота и совершенно не зависит от процесса разложения лесной подстилки и от процесса усвоения свободного азота, и в этих отношениях всякое новое поколение травянистой флоры осветленного леса будет находиться во все улучшающихся условиях, вследствие все увеличивающегося запаса органического вещества в почве. Три непосредственные следствия улучшения питательного режима травянистой флоры леса будут явно неблагоприятны для естественного лесовозобновления. Эти три следствия будут: 1) увеличение густоты и плотности травяного покрова, который будет заглушать всходы и побеги деревянистых растений, лишая их притока солнечного света; 2) усиленное иссушение верхних горизонтов почвы, кроме самого поверхностного, наиболее вредное для успешного развития проростков древесных семян, и наконец, 3) образование на поверхности почвы непроницаемого для воды влагоемкого горизонта органического вещества,

лишающего, вследствие своей огромной влагоемкости, корни древесных растений притока атмосферной воды.

Кроме разобранной причины, есть еще ряд причин, заставляющих лес покинуть раз занятую им территорию и уступить ее травянистой флоре, но эти причины, находящиеся в большой зависимости от рельефа страны, лишь как бы подчеркивают и усиливают влияние главной разобранной нами вкратце причины. Первой из причин второй группы является обособление в почве плотного, иногда каменистого рудякового горизонта, представляющего непроницаемую преграду для развития в глубину стержневых корней деревьев. Такое препятствие для развития в глубину корней деревьев связано с появлением суховершинности их, как только корни достигнут такого непроницаемого для них горизонта, и с дальнейшим постепенным отмиранием всего дерева. Эта причина сильнее всего выражается на более пониженных элементах рельефа, достигая максимума своего влияния в долинах сообразно с общим законом отложения веществ, обусловливающих обособление рудякового горизонта. Вторая причина, проявляющая свое максимальное влияние как раз обратно первой — на водораздельных элементах рельефа — представляет абсолютное. обеднение рухляковой породы элементами зольного питания растений. Эти элементы собираются корнями деревьев из мощной пронизанной ими толщи породы и переносятся в надземные органы растений, при отмирании которых они быстро обращаются вновь в минеральные соединения, и эти последние током почвенной воды сносятся преимущественно в более пониженные элементы рельефа местности. Так как развитие корневой системы в длину представляет величину ограниченную и так как и запас элементов зольной пищи растений в рухляковой породе также ограничен, то ясно, что должен наступить момент абсолютного недостатка пищи деревьев, и также ясно, что этот недостаток пищи будет сосредоточен преимущественно на водоразделах, не пользующихся притоком питательных веществ с других

элементов рельефа. Наконец, третья причина исчезновения леса, связанная также с влиянием рельефа,— деятельность человека, очищающего от леса территорию, необходимую для культуры хлебных растений, и начинающего свою деятельность с наиболее богатых притоком питательных веществ и не страдающих от избытка воды верхних частей третьей трети склонов и постоянно расширяющего площадь полевой культуры по направлению сначала к водоразделу и впоследствии переходящего к использованию отрицательных элементов рельефа, требующих предварительной осушки.

* * *

Второй существенный признак дернового процесса, прогрессивно изменяющегося сначала в смысле нарастания, а потом в смысле затухания,— накопление мертвого органического вещества в среде, обитаемой растениями луговой травянистой растительной формации,— является прямым следствием основного признака, отличающего эту формацию от степной травянистой растительной формации. Этим признаком является время наступления момента отмирания всей массы органического вещества, созданного растением в течение вегетативного периода. У растений луговой формации момент отмирания органического вещества, исполнившего свои функции, наступает глубокой осенью, и главной причиной, полагающей предел существования зеленой массы этих растений, принесшей плоды и образовавшей за вегетативный период органы бесполого размножения этих растений, является зимнее понижение температуры, тогда как у растений степной растительной формации наступление того же момента определяется летним отсутствием воды в верхних слоях почвы, и оно приурочено к началу летнего периода. В сущности, в обоих случаях ближайшая основная причина отмирания отслуживших вегетативных органов одна и та же — недостаток воды; только во втором случае играет роль абсолютный недостаток — отсутствие воды

в почве, тогда как в первом случае причиной того же явления является переход почвенной воды в твердое состояние, определяющий так называемую физиологическую сухость почвы. Весьма вероятно, что момент отмирания зеленой отжившей массы луговых растений наступает ранее перехода почвенной воды в твердое состояние, так как деятельность корней прекращается уже при +4° С, тогда как надземные органы, получающие тепло непосредственным согреванием, продолжают испарение воды, что и приводит все растение к отмиранию.

Количество отмершего глубокой осенью органического вещества луговой формации распределяется довольно равномерно между надземной его частью и той частью, которая отлагается в массе почвы. Время отложения подземной части органического вещества неблагоприятно для его быстрого разложения. Прежде всего, термические условия почвы все более понижаются, вследствие усиленного излучения тепла в течение длинных осенних ночей, которое не успевает компенсироваться в течение коротких дней. Дневной приток тепла достаточен, чтобы поддержать разложение надземной части органического вещества, потерявшего свою упругость под влиянием воды частых осенних дождей и прибитого ими к поверхности почвы. Этот аэробный процесс разложения поверхностного органического вещества, несмотря на свое медленное течение при пониженной температуре, все-таки влияет на затруднение доступа кислорода в массу почвы. Под влиянием осенних дождей почва, иссушенная предшествовавшим развитием растений, жадно поглощает влагу своим поверхностным слоем, а отсюда вода медленным волосным током проникает далее в иссушенный горизонт максимального развития корней растений. Частые осенние дожди поддерживают насыщенность водой как верхнего горизонта почвы, так и лежащего выше слоя органического вещества. Благодая таким условиям как заполненность верхних горизонтов почвы водой и непрерывность аэробного процесса, протекающего в слое органического вещества, лежа-

щего над почвой, в самой массе почвы неизбежно устанавливаются условия анаэробиозиса. Процесс анаэробного разложения органических остатков в почве, протекающий при этих условиях, должен очень скоро остановиться в своем течении из-за накопления ульминовой кислоты, так как условия выщелачивания ее представлены крайне несовершенно. Нисходящий осенний ток воды в почве отличается крайней медленностью своего поступательного движения. Огромное количество поступающей в почву воды идет на волосное насыщение почвы, иссушенной в конце лета, и только по мере насыщения верхних ее горизонтов до предела полной их волосной влагоемкости возможно дальнейшее поступательное движение воды. Вследствие такого отсутствия нисходящего тока воды ульминовая кислота, выделяющаяся при анаэробном разложении органического вещества, быстро накопляется до предела вредного избытка и совершенно прекращает разложение органического вещества, отложенного в массе почвы. Наступающие морозы скоро прекращают и аэробное разложение поверхностных растительных остатков. В течение зимы количество воды в верхних горизонтах почвы продолжает расти путем сгущения и последующего замерзания паров воды, [поступающих] из нижних более теплых слоев почвы в верхние более холодные слои почвы, так что к весне содержание воды в почве достигает своего максимума.

После весеннего оттаивания почвы анаэробный процесс разложения органического вещества в массе почвы начинается с новой силой, так как ульминовая кислота, накопившаяся с осени, обратилась после замерзания почвы в нерастворимое состояние, а аэробный процесс разложения надземных растительных остатков при благоприятных весенних условиях влажности и температуры протекает с большой энергией и задерживает весь кислород, стремящийся проникнуть в массу почвы. Но существование весеннего анаэробного разложения растительных остатков в массе почвы очень непродолжительно.

Установившийся после оттаивания почвы нисходящий ток воды очень непродолжителен и быстро сменяется восходящим волосным ее током, вызываемым испарением мелко коренящейся растительности. Этот ток воды способствует концентрации ульминовой кислоты, и начавшийся анаэробный процесс быстро прекращается. В течение летнего периода условия разложения органических остатков в почве не могут заметно улучшиться. Под влиянием высокой температуры и перепадающих дождей в поверхностном горизонте почвы развивается усиленная деятельность разнороднейших аэробных элементов. Поглощают кислород корни, корневища и побеги, образовавшиеся еще в предшествовавшем году, в еще большей мере поглощают кислород те же элементы, развивающиеся в текущем году, поглощает кислород микрофлора,вегетирующая как в самой почве, так и в органических остатках, лежащих над ней, и ясно, что через такой толстый биологический фильтр может проникнуть лишь ничтожное количество кислорода к глубже лежащим органическим веществам. Но даже и проникающий кислород не в состоянии возбудить усиленного разложения. Проникающий летом в почву дождь на очень короткое время возбуждает медленный нисходящий ток воды, все количество которой идет на пополнение волосного запаса воды почвы, расходуемой покрывающей ее флорой, и по прекращении дождя вновь устанавливается восходящий ток воды, и ульминовая кислота не покидает почву, погашая деятельность не только анаэробных, но и аэробных бактерий, в равной мере не переносящих кислой реакции среды.

Под влиянием всей этой обстановки часть мертвых растительных остатков, оставляемых растениями луговой растительной формации, остается в неразрушенном состоянии до следующего периода отмирания таких же остатков, количество которых прибавляется к сохранившимся в почве, и содержание мертвого органического вещества в почве растет.

Уже самый факт равномерной периодичности отложения

мертвого органического вещества при условии неполного его разложения в течение того же срока неизбежно обусловливает собою и существенный признак процесса накопления органического вещества в почве под влиянием луговой растительной формации — прогрессивность роста количественного выражения этого процесса. Если количество ежегодно отлагающихся растительных остатков будет оставаться неизменным, то условия разрушения его должны неминуемо все в большей мере склоняться к обстановке полного анаэробиозиса, так как количество кислорода, поглощаемого верхним горизонтом этого вещества, будет расти вместе с ростом количества последнего, и также будет расти и количество воды, упорно удерживаемой органическим веществом, так как большая влагоемкость, неразрывно связанная с медленностью волосного передвижения воды по массе органического вещества, является наиболее ярко выраженным свойством его. Таким образом, эта застойная вода играет роль антагониста воздуха, а вместе с ним и кислорода.

Так как процесс накопления органического вещества в почве представляет следствие двух других процессов — отложения и разрушения органического вещества, и так как второй процесс выражает неуклонное стремление к прогрессивному затуханию интенсивности своего проявления, то ясно, что общее направление прогрессивности роста и интенсивности выражения этого роста для конечного процесса накопления органического вещества в почве будет целиком зависеть от свойств первого процесса — отложения органического вещества. Ход развития этого последнего процесса, в свою очередь, зависит от быстроты нарастания слоя органического вещества над поверхностью почвы. Что это количество органических остатков, отлагающихся на поверхности почвы, будет также выказывать стремление к непрерывному нарастанию, вытекает, как простое следствие, из отличительных свойств мертвых травянистых остатков и условий притока воды из атмосферы в лесо-луговой

зоне. Травянистые органические остатки во влажном состоянии обладают очень мало выраженной упругостью и теми отношениями к воде, о которых мы уже говорили и которые одни и те же для всякого органического вещества. Только что отмершие растительные остатки, лежа на поверхности почвы рыхлым слоем, находятся в невыгодных для разложения условиях, подвергаясь, вследствие своей рыхлости, слишком быстрому высыханию. Осенние дожди прибьют эти остатки плотным слоем к почве вследствие их малой упругости и насытят их водой, которая вытеснит весь воздух, и осеннее разложение их должно быть неминуемо анаэробным. Зимний снеговой покров еще плотнее придавит эти остатки к почве, и весеннее таяние снега возобновит запас воды в них. С наступлением весны начнется быстрое высыхание поверхностного слоя этих остатков, сопровождаемое лишь крайне медленной передачей воды в них из нижних насыщенных ею слоев. Под влиянием этих двух условий на поверхности мертвых растительных остатков обособится высохший слой их. Под влиянием такого высыхания элементы, составляющие этот слой, сильно сократятся в объеме, так как это свойство увеличения объема во влажном состоянии и сокращения его при высыхании представляет также существенное свойство всякого органического вещества, и разница объемов сухого и влажного органического вещества может достигать четырех- и даже пятикратной величины объема сухого вещества. При таком сокращении объема сухой поверхностный слой органических остатков отделится от нижних влажных слоев и разрыхлится вследствие того же сокращения объема его элементов.

Отделению верхнего сухого слоя органического вещества от нижнего влажного в сильнейшей степени способствует масса всходящих проростков и развивающихся в длину побегов, которые легко пронизывают нижние мягкие влажные слои органического вещества, встречают значительное сопротивление верхнего сухого слоя и, пробившись через него, частью при-

поднимают весь слой, частью разрыхляют взаимное положение его элементов. Создавшийся рыхлый сухой горизонт играет роль изолирующего горизонта, препятствующего испарению воды из нижележащих слоев. Таким образом создаются условия прерывчатого разложения верхнего сухого слоя, который подвергается разложению только во время выпадения атмосферных осадков, и условия анаэробного разложения насыщенного водой нижнего слоя органических остатков, лишь тонкий поверхностный слой которых разлагается аэробным путем и этим определяет условия анаэробиозиса в более глубоких слоях.

Под влиянием всех этих причин накопление горизонта мертвых органических остатков под покровом луговой растительной формации представляет явление неизбежное. Прямым следствием этого явления, очевидно, будет необходимость для каждого нового поколения растений луговой растительной формации закладывать свои узлы кущения и другие органы вегетативного размножения все выше в ежегодно нарастающей толще органического вещества. Так как длина корневой системы растений представляет величину ограниченную, то очевидно, что при развитии этого процесса нарастания горизонта органического вещества на поверхности почвы корни растений будут у каждого нового поколения побегов погружаться все на меньшую глубину в минеральную почву.

Этот момент — удаление корней флоры почвы от минеральной рухляковой породы — первоисточника зольных элементов пищи растений должен, очевидно, играть руководящую роль в определении характера питательного режима всего растительного населения почвы и в динамике процесса эволюции существенного свойства почвы — ее поглотительной способности. Очевидно, что свойство почвы концентрировать и удерживать в себе элементы зольного питания растений, может развиваться в смысле нарастания — прогрессировать лишь до тех пор, пока всасывающий аппарат растений, их корневая система, проникнет в первоисточник этих элементов, в мине-

ральную рухляковую породу и до тех пор, пока последняя не будет абсолютно исчерпана в отношении содержания элементов пищи растений. До наступления времени прекращения проникновения корней в минеральную почву будет продолжаться прогрессивный период развития дернового процесса, характеризующийся наличностью во все время существования его явления абсолютного обогащения верхнего горизонта почвы элементами пищи растений. Этот процесс будет развиваться за все время своего существования, а следовательно, и существования прогрессивного периода развития дернового процесса, сначала в смысле нарастания под влиянием все более роскошного развития флоры этой почвы вследствие того же роста содержания в ней питательных веществ, но, достигнув известного максимума своего выражения, начнет склоняться к своему затуханию. Затухание всего процесса станет развиваться под влиянием того же процесса обогащения почвы органическим веществом и сопутствующего ему процесса сгущения условий анаэробиозиса, благодаря которому вся среда, в которой имеется наличность органического вещества, претерпит восстановление всех своих минеральных элементов, способных отдать часть связанного с ними кислорода. Начиная с этого времени развитие растений автотрофного типа питания становится неосуществимым, и новая флора должна пользоваться уже более сложным путем для добывания элементов своего зольного питания. Эти более сложные пути неминуемо вызовут уменьшение количественного прироста органического вещества и вместе с тем и уменьшение притока элементов зольного питания растений к поверхностным горизонтам почвы — начнется период затухания процесса обогащения почвы элементами пищи растений.

Новый тип растений — симбиотрофных — уже не будет испытывать необходимости развивать глубокую и обильно разветвленную корневую систему. Последняя развивается в субстрате, чрезвычайно богатом элементами пищи растений, и

исчезает стимул, заставивший растения автотрофного типа питания развивать свою корневую систему в длину и раскидывать ее широкой сетью в погоне за стремящимися рассеяться по всей массе рухляковой породы растворенннными в воде элементами их пищи. В новой обстановке элементы пищи растений сосредоточены в почве в нерастворимом в воде состоянии в виде структурного органического вещества, переполняющего всю породу и разделяющего все минеральные элементы ее,— куда бы ни проник корень, он всюду встречает запас пищи. Другой стимул, заставивший выработать длинную корневую систему — погоня за водой, также отсутствует при рассматриваемом состоянии почвы. Переполняющее почву мертвое органическое вещество, благодаря своей огромной влагоемкости, само впитывает большую массу воды и совершенно не пропускает воду через горизонт своего скопления, настолько совершенно, что на таких почвах, где еще сохранилась древесная растительность, развивающая главную массу мелких разветвлений своей корневой системы на глубине 50—70 сантиметров, мы часто встречаем под верхним горизонтом совершенно мокрой почвы, над которой стоит слой капельно жидкой воды, горизонт совершенно сухой и пылящей почвы.

Таким образом, под влиянием всего комплекса этих причин корни растений луговой растительной формации перестают проникать в минеральную почву, и, начиная с этого момента, весь дерновый почвообразовательный процесс переходит в свою вторую стадию — регрессивного развития.

Очевидно, что раз прогрессивная стадия почвообразовательного процесса характеризовалась процессом нарастания существенного признака почвы — ее обогащения элементами пищи растений, то регрессивная стадия того же процесса должна характеризоваться обратным процессом — деградацией этого существенного ее признака. Процесс деградации, или регресса богатства почвы элементами зольного питания растений протекает под влиянием двух порядков явлений — нарастания

все новых количеств органического вещества над поверхностью почвы и неполного использования зольных элементов пищи корнями растущих на ней растений. Раз обособившись в отдельный горизонт, слой надземного органического вещества начинает нарастать в толщину очень быстро. Причина этого явления заключается в том, что новый отлагающийся ежегодно слой органических остатков ложится осенью на пересыщенный водой горизонт органического вещества и попадает сразу на поверхность такого же органического вещества, с которым он связан основанием отмерших листьев и стеблей, быстро напитывается водой и сливается с ним в одно целое, и только самый поверхностный слой его может подвергаться аэробному разложению; остальная масса, попадая в среду, насыщенную водой с растворенной ульминовой кислотой, просто консервируется и подвергается анаэробному разложению только на короткое время каждой весной, после того как ульминовая кислота, пропитывающая весь горизонт, обратится в нерастворимое состояние зимними морозами. Таким образом верхняя поверхность почвы, беспрерывно, из года в год, повышается над уровнем подстилающей ее минеральной почвы. Очевидно, что новое поколение побегов растительности такой почвы также ежегодно повышается [располагается выше], следуя за ростом толщины слоя органического вещества, а вместе с побегами и корни их не остаются длительно в одном и том же горизонте, а беспрерывно передвигаются вверх, в новые слои органического вещества.

Строение корней симбиотрофной флоры этого периода развития дернового процесса отличается почти полным отсутствием разветвлений и представляет простые цилиндрические корни, расходящиеся радиально из одного общего основания побегов растения.

Корни такой схемы расположения не могут с детальной полнотой пронизать массу почвы, да это было бы лишнее для них, так как во всяком месте своего соприкосновения со сре-

дой они встречают богатое содержанием золы органическое вещество.

Состояние элементов зольной пищи растений в такой почве резко отличается от состояния их в минеральной почве. Они находятся в состоянии органического вещества, совершенно нерастворимого в воде, и, следовательно, обладают полной неподвижностью, и усвоена растениями может быть только та часть их, к которой прикасаются корни этих растений, входя с ними в ближайшее соприкосновение,— не пища притекает к корням, а корни должны войти сами в соприкосновение с неподвижно лежащей пищей. Очевидно, что при таких условиях и при беспрерывном движении корней вверх, среда, в которой развиваются корни растений, не может быть исчерпана сколько-нибудь полно в отношении питательных веществ, и часть их должна остаться в тех горизонтах, которые уже покинуты корнями.

Очевидным следствием такой комбинации процессов, протекающих в почве в этом периоде ее эволюции, будет то, что, начиная с этого момента, количество зольных элементов, отлагающихся во всяком новом нарастающем слое почве, должно постепенно уменьшаться — вновь образующиеся слои почвы, состоящие исключительно из органического вещества, будут делаться все беднее и беднее элементами зольной пищи растений. Такая почва, которая состоит нацело из органического вещества и в которой процесс развития существенного ее признака — концентрации в ней элементов зольной пищи растений перешел в стадию регресса, носит название торфа, и природные угодия, в которых этот процесс совершается, мы называем болотами.

* * *

Заселение почвы осветляющегося леса представителями луговой травянистой растительной формации совершается с большой постепенностью и чрезвычайно медленно. Причина этой постепенности и медленности двоякая. Во-первых, процесс

осветления леса совершается с большой постепенностью, угнетенные деревья долго борются за свою жизнь и, погибнув большей частью от нападения паразитных грибов, долго еще сохраняют свое вертикальное положение, продолжая до известной степени затенять почву своими кронами, увешанными часто очень густо сапрофитными лишайниками, пока не упадут под напором ветра. Но главной является вторая причина — почва осветляющегося леса не содержит минеральных соединений азота, ибо при грибном разложении лесной подстилки весь содержащийся в ней азот органического вещества освобождается или в форме свободного азота, или в форме азота креновой кислоты, которая, повидимому, не может служить источником азота для высших растений, или обращается в органическое вещество тела гриба, поэтому почва леса должна предварительно обогатиться азотом. Эта задача представляет значительное затруднение, ибо бактерии, усваивающие свободный азот воздуха, не могут развиваться в почве леса, обладающей устойчивой кислой реакцией. Повидимому, первыми растениями, способными обогатить почву леса азотом, входящим в состав органического вещества, могущего разлагаться бактериальным путем, являются водоросли и лишайники; по крайней мере, приходится встречать при таких условиях большие площади почвы, густо покрытые зелеными водорослями; что касается лишайников, то источником азота для них служит органическое вещество лесной подстилки, ибо иначе трудно объяснить азотное питание грибов. По мере дальнейшего осветления леса начинают появляться бобовые, усваивающие свободный азот воздуха, причем первыми обыкновенно появляются в наиболее темных еловых лесах Vicia silvatica L. и уже в дальнейшем появляются Lathyrus niger Bernh., L. luteus Gren., L. vernus Bernh., еще позже появляются Trifolium medium L., T. alpestre L., T. lupinaster L. и Lathyrus silvestris L., и при еще большем осветлении леса появляются Lathyrus pisiformis L., Vicia cassubica L., Genista germanica L., и, наконец, в изреженных ле-

сах мы встречаем Lathyrus pratensis L., Vicia cracca L. и Vicia sepium L.

Появление первых бобовых наблюдается обыкновенно на местах почвы, лишенных по тем или иным причинам лесной подстилки, и они большей частью имеют очень угнетенный вид, часто настолько, что с трудом удается их узнать по их габидусу, и повидимому, этот угнетенный вид надо приписать не только недостатку света, но и азотному голоданию этих растений — вероятно, завоевание почвы, содержащей свободную креновую кислоту, дается с трудом бактериям, усвояющим свободный азот. Вслед за первыми бобовыми появляются на тех же местах чрезвычайно угнетенные злаки. Первым злаком чаще всего бывает Melica nutans L., которая всегда располагается отдельно группами, следуя в своем расселении за группами бобовых. Все без исключения бобовые осветляющихся сообществ деревянистых растений принадлежат к типу корневищевых и всегда располагаются группами, расползаясь отдельными круговинками вокруг общих центров, в которых сохраняются лишь отмершие части корневищ и иногда стеблей этих растений. Центры, когда-то занимавшиеся бобовыми, заселяются обыкновенно злаками, в этой стадии развития процесса исключительно корневищевыми: Melica nutans L., Calamagrostis epigeios Roth., C. varia Host., C. arundinacea Roth., Brachypodium silvaticum Roem. et Schult., Festuca gigantea Vill., Glyceria remota Fries., Poa Chaixi Vill., Hierochloe odorata Wahlb., Trisetum flavescens Pal. Beauv., Festuca rubra L., Bromus inermis Leyss.

Угнетенное состояние бобовых под пологом начинающего осветляться леса продолжается недолго. По мере выпадения отдельных угнетенных деревьев места, отенявшиеся их кронами, быстро освобождаются от мертвой лесной подстилки. Этому очищению поверхности почвы в сильнейшей мере способствуют два обстоятельства: 1) быстрое разложение мертвого покрова под влиянием бурно протекающего процесса грибного разложения

и 2) скопление нового притока мертвых отбросов деревянистых растений исключительно под кронами живых деревьев вследствие полного отсутствия влияния в лесу ветра на равномерное распределение опадающих мертвых частей растений, вследствие чего эти части падают почти по вертикальной линии. Освободившаяся от лесной подстилки почва вместе с тем освобождается и от своей устойчивой кислой реакции, так как передвижение в почве растворов в горизонтальном направлении совершается с чрезвычайным трудом. Таким образом, ничто более не препятствует процветанию в почве бактерий, и азотное питание бобовых скоро начинает идти нормальным порядком. Что касается зольного питания бобовых, то оно находится в лучших условиях. Разложение мертвого покрова и главным образом разложение отмерших в почве корней деревьев представляют обильный источник притока зольных элементов, и так как разложение деревянистого органического вещества совершается исключительно под влиянием аэробного — грибного — процесса, то и форма соединений, в которых освобождаются зольные элементы, как раз отвечает требованиям автотрофно питающихся растений. Поверхностный слой лесного мертвого покрова, быстро исчезающий, может, очевидно, играть лишь очень временную роль в этом питании, но гораздо более существенную роль играют отмершие корни деревьев, которые разлагаются гораздо медленнее вследствие затрудненного доступа кислорода через почву и вследствие своей гораздо большей массы, также влияющей на проявление условий анаэробиозиса. Но главная роль в деле зольного питания возникающего травянистого покрова принадлежит самому этому покрову; широко раскинутые длинные корневища его, перехвативши минеральные соединения разрушенной подстилки, переводят их в состояние органического вещества и, представляя рассеянную массу, равномерно распределенную по рыхлой почве, поддерживаемую в этом состоянии густой сетью древесных корней, разлагаются после своего отмирания аэробным путем

и немедленно готовят зольную пищу для следующего поколения таких же корневищевых растений. Такое полное господство аэробиозиса в первые годы естественного осветления леса вызывает быстрое завоевание освобождающейся от полога леса почвы самой разнообразной растительностью, объединенной в одну природную группу общностью двух признаков: 1) все растения этого периода принадлежат к типу автотрофно питающихся и 2) все высшие сосудистые растения той же группы представляют растения корневищевые, за исключением группы весенних эфемеров, обладающих в большинстве случаев луковицей или клубнем. Как мы уже упоминали, роль весенних эфемеров заключается в том, что они перехватывают и отлагают в форме органического вещества своих зимующих побегов, луковиц или клубней то количество зольных элементов, которое накопляется в мертвом органическом покрове почвы и верхних ее слоях в течение глубокой осени, и ранней весной растворяются снеговой водой; вместе с тем в своих быстро отмирающих вегетативных органах, образовавших плоды в течение весны, вновь возвращают местной флоре те зольные элементы, которые были ими усвоены весной прошлого года. К числу таких лесных эфемеров принадлежат, например: Ranunculus ficaria L., Caltha palustris L., Anemone ranunculoides L., A. silvestris L., A. nemorosa L., A. patens L., A. pratensis L., A. hepatica L., Corydalis cava Schweigg et Koerte, C. solida Sw., Gagea lutea Ker-Gawl., G. minima Ker-Gawl., Scilla sibirica Andrz. Весенняя флора осветляющегося леса быстро сменяется летней растительностью этого периода, которая вся состоит из резко выраженных корневищевых растений, подземные органы которых никогда не проникают глубоко в минеральную почву, а преимущественно сосредоточены в массе лесной подстилки, состоящей еще местами из остатков деревянистых растений, но главная масса растительности сосредоточена в мертвых остатках надземных частей травянистых растений, образующих более или менее толстый слой так называемого

лесного перегноя. Кроме уже упомянутых выше бобовых и злаков в состав этой летней флоры входят Stellaria holostea L., S. graminea L., Trientalis europaea L., Asarum europaeum L., Oxalis acetosella L., Majanthemum bifolium D. C., Polygonatum officinale All., Convallaria majalis L., Paris quadrifolia L., Mercurialis perennis L., Asperula odorata L., Viola odorata L., V. mirabilis L., Vinca minor L., Pullmonaria officinalis L., Chrysosplenium alternifolium L., Galium boreale L., G. verum Scop., Carex leporina L., C. Goodenoughii Gay., C. supina Wahlbg., C. caryophyllea Latour., C. ericetorum Poll., C. digitata L., C. himilis Leyss. Кроме того, папоротники Cystopteris fragilis Bernh., Nephrodium Phegopteris Baumg., N. Filix mas Rich , N. spinulosum Strempel, N. cristatum Mich., N. Dryopteris Mich., Athyrium Filix femina Roth., Pteridium aquilinum Gleditsch., и хвощи Equisetum arvense L., E. pratense Ehrh., E. silvaticum L. В тех местах, где еще сохранился значительной толщины покров лесной подстилки и где бобовые еще не успели завоевать почвы, а поэтому и лааки и другие растения этого периода еще представлены экземплярами, подавленными в своем развитии, вследствие недостатка азотного питания, и не могут образовать достаточно сомкнутого и быстро развивающегося полога, способного бороться с другими растениями путем их затенения, злаки делаются жертвами нападения зеленых полупаразитов, которые в таких местах достигают значительной степени развития. Такие места с долго сохраняющимся лесным покровом сосредоточены преимущественно у самых оснований деревьев, где приток мертвых органических остатков достигает своего максимума. Поэтому преимущественно у оснований деревьев мы встречаем пышное развитие Melampyrum nemorosum L., M. pratense L., M. silvaticum L., M. cristatum L. и M. arvense L. Наконец, в течение этого периода мы встречаем сапрофиты на мертвом покрове Monotropa hypopithys L. и паразитирующую на корнях деревьев Lathraea squamaria L.

При описанном состоянии травянистого живого покрова осветляющегося леса естественное лесовозобновление от семян не встречает значительных препятствий, так как главные растения этого периода — корневищевые злаки и осоки, сохраняющие листья своих укороченных побегов в течение круглого года,— представляют очень равномерно рассеянный травостой. Из остальных же растений этого периода лишь немногие обладают зимующими листьями — это Asarum europaeum, Viola odorata и Vinca minor, которые всегда являются вкрапленными в виде отдельных небольших круговин; все остальные растения утрачивают свои надземные органы, за исключением некоторых бобовых — Trifolium medium, T. alpestre, T. lupinaster, или в течение начала лета, как весенние эфемеры, или в конце лета и начале осени, так что весь осенний и часть весеннего периода семена деревьев легко достигают поверхности почвы и находят превосходные условия для своего произрастания в рыхлом и богатом слое лесного перегноя. Поэтому начальные периоды природного процесса осветления леса отличаются обыкновенно краткостью, и под пологом еще не старого леса появляются густым покровом всходы нового молодого поколения леса, который быстро смыкается и угнетает травянистый покров леса до полного исчезновения, по крайней мере высших его представителей, но зато часто на все время господства сомкнутого лесного сообщества остаются входящими в состав травянистого покрова осветленного леса зеленые мхи автотрофного типа питания, о которых мы выше не упоминали, и иногда живой покров сомкнутого лесного сообщества состоит исключительно из более или менее густого мохового покрова, состоящего из Ptilium crista castrensis De Not., Hypnum Schreberi Willd., Polytrichum commune L. (в кедровниках). Эти три вида зеленых мхов часто достигают степени чистого сплошного покрова почвы, другие реже выражены в виде чистого сплошного сообщества и встречаются или отдельными дерновинками, или входят в состав смешанных сообществ. Это Mnium cuspidatum Leyss.,

Climacium dendroides Web. et Mohr., Rhytidiadelphus triquetrus Warnst., Hylocomium proliferum Lindb., Brachythecium salebrosum Br.

Когда минует второй период сомкнутого молодняка, и лесное сообщество вновь начинает изреживаться и осветляться, вновь появляющаяся травянистая флора уже встречает гораздо лучшие условия своего существования. В почве уже имеется запас связанного азота в форме мертвых органических остатков травянистой растительности, оставшихся в нетронутом разложением состоянии от первого периода травянистого покрова лесной почвы по причинам, о которых мы уже говорили выше; поэтому, как только мертвый покров, как и в предшествующем периоде осветленного леса, начинает местами исчезать под влиянием бурного аэробного процесса его разложения и в почве станет возможной жизнедеятельность бактериальной флоры, так тотчас появляется вся упомянутая выше флора, не нуждающаяся теперь в предварительном развитии бобовых растений.

Но в условиях развития этого нового ряда поколения травянистой флоры уже постепенно назревают новые обстоятельства в виде все растущего в массе почвы количества органического вещества, обстоятельства, которые неразрывно связаны с развитием на поверхности [почвы] летней флоры осветлившегося леса, у которой вся масса вегетативных органов отмирает поздней осенью, как существенный признак растений луговой травянистой растительной формации, и из этого правила не составляют исключения и растения, обладающие зимующими листьями, так как у них листья обладают двулетней или иногда трехлетней продолжительностью жизни, и, очевидно, все-таки ежегодно отмирает соответствующее количество листьев и стеблей, и это отмирание совершается, как и у других растений этой флоры, поздней осенью. Только весенняя флора эфемеров, все вегетативные органы которых отмирают в начале лета, принадлежит к степной растительной формации, и вся масса отлагаемого ими мертвого органического вещества

разлагается в двух-трехнедельный срок целиком, так что через этот срок после созревания их семян уже не представляется возможным разыскать какие бы то ни было остатки их вегетативных органов.

Мы уже видели, что накопление органического вещества в почве под влиянием растений луговой растительной формации носит неизбежный характер прогрессивного увеличения, и постепенно в соответствии с этим явлением начинаются и изменения в составе и характере флоры осветляющегося леса. Корневищевая флора, требующая усиленного притока кислорода к своим подземным органам, принуждена постепенно покидать даже тот тонкий поверхностный горизонт почвы, поддерживаемый в своей рыхлости поверхностными корнями древесной растительности, в которой она ранее развивалась, и сосредоточиться в самом поверхностном слое лесного перегноя, состоящего из остатков органов той же флоры и остатков весенних эфемеров в смеси с остатками деревянистых растений, присутствие которых сильно способствует разрыхлению общей массы этого лесного войлока, переплетенного в один сплошной рыхлый слой живыми корневищами, пронизывающими его во всех направлениях.

Присутствие в массе минеральной почвы все увеличивающегося количества органического вещества, поглощающего кислород, необходимый для корневищ, а следовательно, разлагающегося аэробным путем, вызывает появление богатой флоры автотрофно питающихся растений, но быстро выносящих все свои органы, нуждающиеся в обильном притоке кислорода, в наиболее поверхностные горизонты почвы — появляется богатая флора рыхлокустовых растений, из которых наиболее типичные представлены злаками, осоками и ситниками, но кроме них, появляется и богатейшая флора двудольных того же биологического типа, как и только что упомянутые растения.

Рыхлокустовая флора злаков этого периода представлена:

Milium effusum L., Agropyrum caninum P. Beauv., Festuca silvatica Vill., F. heterophylla Lam., Cinna pendula Trin., Triodia decumbens Pal. Beauv., Koeleria gracilis Pers., K. grandis Bess., Dactylis glomerata L. Из осок чаще встречаются Carex remota L., C. canescens L., C. pilosa L., C. umbrosa Host., C. globularis L. Из ситниковых Luzula pilosa Willd., развивающая часто огромные кусты, L. campestris D. C. и Juncus lamprocarpus Ehrh. Кроме перечисленных растений, составляющих основной фон травянистой растительности второго периода естественно осветляющегося леса, мы встречаем еще и богатую флору вкрапленных единично или группами растений автотрофного типа питания, главные представители которой следующие: Iris sibirica L., Rumex acetosa L., Cerastium arvense L., C. caespitosum Gilib., Arenaria graminifolia Schrad., Herniaria glabra L., Scleranthus perennis L., Viscaria viscosa Aschers., Silene venosa Aschers., S. tatarica Pers., S. chlorantha Ehrh., S. Otites Sm., Dianthus arenarius L., D. collinus Waldst. et Kit., D. deltoides L., Trollius europaeus L., Actaea spicata L., Aconitum excelsum Reichb., A. lasiostomum Reichb., Clematis recta L., Ranunculus auricomus L., R. polyanthemus L., R. acer L., Thalictrum aquilegifolium L., T. minus L., T. simplex L., T. flavum L., Sisymbrium strictissimum L., Nasturtium silvestre R. Br., Cardamine amara L., C. pratensis L., Dentaria bulbifera L., Arabis hirsuta Scop., Sedum maximum Inter., S. purpureum Link., Potentilla recta L., P. intermedia L., P. arenaria Bockh., P. silvestris Neck., Geum rivale L., G. urbanum L., Alchemilla vulgaris L., Agrimonia eupatoria L., A. pilosa Ledeb., Sanguisorba officinalis L., Geranium Robertianum L., G. sanguineum L., G. silvaticum L., Polygala vulgaris L., Euphorbia procera M. B., Althaea officinalis L., Malva Alcea L., Hypericum quadrangulum L., H. perforatum L., Viola collina Bess., V. hirta L., V. canina Rchb., Epilobium hirsutum L., E. montanum L., Circaea lutetiana L., C. alpina L., Sanicula europaea L., Anthriscus silvestris Hoffm., Pimpinella magna L., Selinum carvifolia L., Siler trilobum Scop.,

Laserpitium latifolium L., Primula officinalis Hill., P. elatior Hill., Lysimachia nummularia L., Gentiana cruciata L., Cynanchum vincetoxicum R. Br., Calystegia sepium R. Br., Polemonium coeruleum L., Myosotis silvatica Hoffm., Lithospermum officinale L., Lamium maculatum L., L. album L., Stachys officinale Trev., S. silvatica L., S. nemorosa L., Satureja clinopodium Caruel., Origanum vulgare L., Solanum dulcamare L., Verbascum nigrum L., Linaria genistifolia Mill., Veronica serpyllifolia L., V. officinalis L., Galium mollugo L., G. spurium L., Valeriana officinalis L., Campanula sibirica L., C. glomerata L., C. latifolia L., C. rotundifolia L., C. persicifolia L., C. patula L., Adenophora lillifolia Ledeb., Anthennaria dioica Gaertn., Gnaphalium silvaticum L., Helichrysum arenarium Moench., Chrysanthemum corymbosum L., Cacalia hastata L., Cirsium lanceolatum Scop., C. palustre Scop., Centaurea jacea L., C. phrygia L., C. Marschalliana Spreng., Hypochoeris maculata L., Leontodon autumnalis L., L. hispidus L., Lactuca muralis Bess., Crepis paludosa Moench., Hieracium pilosella L., H. silvaticum L.

Вся эта разнообразная флора, для которой мы приводим наиболее обычных и характерных представителей, отличается еще по большей части и чрезвычайной роскошью развития. Причина этого разнообразия и этой мощности двояка. Во-первых, лес, как сообщество, обладает существенной особенностью удерживать от стекания по поверхности почвы все количество атмосферных осадков, которое на нее попадает, благодаря рыхлости и влагоемкости своего мертвого покрова. Та же рыхлость мертвого лесного покрова в связи со способностью леса умерять испарение из почвы воды при посредстве затенения почвы и умеряющего влияния на действие ветра обусловливают сохранность запаса воды в почве; эта вода почти целиком находится в распоряжении травянистого покрова почвы, ибо главная масса корней деревьев распределяется на глубине 50—70 см, куда вода доходит медленным, исключительно волосным током, благодаря бесструктурности лесной почвы.

Вследствие всего сказанного травянистый растительный покров почвы леса никогда не испытывает нужды в воде.

В не менее благоприятных условиях находится и зольное питание того же живого покрова; оно почти совсем не зависит от степени богатства почвы, на которой развиваются представители этого покрова. Лес своими глубокими корнями охватывает колоссальный объем рухляковой породы и все количество собранных в ней элементов зольного питания равномерно распределяет в созидаемом им органическом веществе. Беспрерывно с полной равномерностью часть органического вещества леса отмирает, сбрасывается на поверхность почвы и, быстро беспрерывно разлагаясь здесь, снабжает верхние слои почвы не прекращающимся током зольных элементов пищи растений, медленно уносимых вниз волосным током почвенной воды леса.

Вследствие такой роскоши развития травянистого покрова осветленного леса, несмотря на то, что главная масса корней корневищ и подземных побегов этой флоры расположена в поверхностном рыхлом лесном войлоке, где в сильной степени преобладают условия аэробиозиса, и несмотря на то, что большое число представителей этой флоры отмирает в течение лета, так что было бы крайне затруднительно провести резкую границу между весенними эмеферами, летней и осенней флорой леса, все-таки ежегодно отмирающая масса органического вещества настолько велика, что поверхностный горизонт начинает быстро заполняться мертвыми остатками растений. Этому заполнению способствует и усиленная деятельность животных, обитающих в поверхностных слоях лесной почвы. В то время как в сомкнутом лесу животное население мертвого покрова крайне бедно, и из червей в нем представлены почти исключительно мелкие представители рода Enchitreus, богатый лесной войлок, уже лишенный кислой реакции, обильно населен дождевыми червями из рода Lumbricus; кроме того, он кишит личинками хруща и щелкуна; под влиянием такой обильной фауны в почве леса изобилуют и насекомоядные жи-

вотные. Все это население беспрерывно перемешивает верхний горизонт минеральной почвы с органическими остатками и, погребая их в бесструктурную почву, ставит в условия худшего разложения. Да и сам лесной войлок, измельченный своим животным населением, теряет свою рыхлость и ложится более плотным слоем. Все эти условия, вместе взятые, имеют одно общее следствие — постоянное сгущение условий анаэробиозиса и, как непосредственный результат последнего, прогрессивное накопление мертвого органического вещества в лесной почве.

Вследствие этой совокупности условий после наступления следующего периода сомкнутого древесного сообщества, которое завоевывает территорию, занятую травянистой растительностью, уже с большим трудом, и поэтому после большого перерыва, во время которого травянистая флора успевает оставить более глубокое влияние на почву, разложения под влиянием грибного процесса избегает не только та часть мертвого органического вещества, которую оставила травянистая растительность в самой почве, но и часть тех же остатков, лежащих тонким слоем на поверхности почвы, в который грибная флора леса не может самостоятельно проникнуть, как вследствие господства в них условий анаэробиозиса, так и потому, что плотный слой органического вещества, вследствие своей влагоемкости и отсутствия в нем волосных промежутков, задерживает нисходящий ток воды и препятствует выщелачиванию креновой кислоты, представляющей препятствие для развития грибной флоры. Поэтому в этой стадии процесса мы на разрезе почвы всегда можем констатировать дифференцировку двух слоев в горизонте лесной подстилки: верхнего светло окрашенного рыхлого, состоящего из остатков деревянистой растительности, связанных в одно целое белыми, черными и желтыми нитями паутины мицелия, и нижнего, кажущегося невооруженному глазу бесструктурным, окрашенного гуминовой кислотой в черный цвет и совершенно не содержащего гифов грибов.

При возобновлении процесса естественного осветления леса под его пологом вновь вспыхивает развитие травянистой флоры, но на этот раз сразу появляются как представители первого — корневищевого,— так и представители второго — рыхлокустового — периодов. Вместе с тем начинают появляться и представители той флоры, которая основывает свое питание на использовании тех зольных элементов, которые сосредоточены в органическом веществе, залегающем как в массе почвы, так и плотным слоем над ней в условиях анаэробиозиса. Появляется микотрофная флора. Первыми появляются орхидейные Orchis maculata L., O. morio L., Coeloglossum viride Hartm., Gymnadenia conopea R. Br., Platanthera bifolia Rich., Listera ovata R. Br., Neottia nidus avis Rich., Coralliorhiza innata R. Br. Далее появляются ягодные полукустарники Vaccinium vitis idaea L., V. myrtillus L., Rubus idaeus L., R. saxatilis L., Ribes nigrum L.— и масса кустарных ив — Salix aurita L., S. caprea L., S. nigricans Sm.; в ближайшем соседстве с ягодными полукустарниками появляются микотрофные плауны Lycopodium clavatum L., L. complanatum L., L. annotinum L., L. selago L., затем следуют Pedicularis palustris L., P. sceptrum carolinum L., P. comosa L. Далее, постепенно вытесняя другую флору, появляются плотнокустовые микотрофные злаки, из которых главными представителями, быстро овладевающими территорией в виде сплошного травостоя, являются Deschampsia caespitosa Pal. Beauv., Festuca ovina L., F. duriuscula L. и Nardus stricta L. и, кроме того, вкрапленными в основной фон предыдущих злаков появляются Molinia coerulea Moench., Sesleria coerulea Scop., Brachypodium pinnatum P. Beauv., реже Holcus lanatus L., Agrostis canina L., Trisetum spicatum Richter. Одновременно с этой флорой появляются и микотрофные мхи Polytrichum commune L., который в зависимости от условий, в которых он развивается, может питаться как автотрофно, так и микотрофно, и исключительно микотрофно питающиеся Polytrichum strictum Banks., P. juniperinum Willd., Aulacom-

nium palustre Schwgr., Dicranum undulatum Ehrh., D. Bongeani De Not., D. scoparium Hadw.

С появлением микотрофной флоры природное лесовозобновление начинает испытывать крайнее затруднение для своего осуществления отчасти по той причине, что густой сомкнутый покров злаков, особенно таких, как Deschampsia caespitosa, Festuca duriuscula и отчасти F. ovina и Nardus stricta, а также и зеленых мхов представляет значительное затруднение для достижения семенами деревьев поверхности почвы, но главным образом потому, что обособившийся в виде сплошного горизонта плотный слой мертвых остатков травянистой растительности и мхов задерживает все количество атмосферных осадков и с трудом и крайне медленно пропускает их в минеральную почву, которая в то же время усиленно иссушается, как поверхностными корнями деревьев, так и проникающими до ортштейнового горизонта корнями микотрофных злаков, которые здесь находят обильный запас органического азота и фосфора. По этой последней причине иссушения почвы проростки древесных семян должны в самом нежном возрасте бороться с вполне развитыми плотными кустами микотрофных злаков из-за воды и, благодаря обусловленной этой борьбой медленности развития своих надземных частей, молодые деревца гибнут под пологом густых кустов злаков, лишенные ими притока света. По этой причине остаются в таком лесу лишь такие породы которые способны образовать поросль от корневой шейки, питающейся водой из очень глубоких горизонтов, благодаря своим длинным корням. Но и здесь сказывается общее биологическое явление постепенного ослабления каждого нового поколения, размножающегося исключительно вегетативным путем, и прежний состав лесного сообщества постепенно изреживается и заменяется породами с преобладающей поверхностной корневой системой, способными также размножаться преимущественно корневой порослью, на которых так же, как на предыдущих породах, отражается упомянутый закон

биологии, и лес постепенно изреживается окончательно и уступает свое место травянистой растительности.

Но по мере исчезновения и изреживания древесных пород с глубокой корневой системой и замены их породами с поверхностными корнями — характерными представителями которых являются осина, тополь и осокорь — существенным образом изменяются и условия зольного и азотного питания всего комплекса растительности изреженного леса. До этого приток элементов пищи растений, сосредоточенных в почве, был почти неограниченным, благодаря деятельности древесных пород с глубокой корневой системой, которые черпали эти элементы из огромного объема рухляковой породы и как бы беспрерывно перекачивали их в поверхностные горизонты почвы, и вместе с тем сюда же беспрерывно притекала и богатая азотом креновая кислота кренатов. Но как только началось преобладание, а тем более господство древесных пород с поверхностной корневой системой, так тотчас начинает затухать и, наконец, совсем прекращается явление неограниченности притока зольных элементов пищи растений к верхним горизонтам почвы, и в деле питания травянистой флоры осветляющегося леса постепенно настает преобладание влияния рельефа местности на распределение по территории элементов зольной и азотной пищи растений.

Прежде чем перейти к изучению влияния рельефа местности на проявление дернового процесса в лесо-луговой зоне, мы должны еще остановиться на случае проявления этого процесса при быстром удалении древесной растительности с территории, которую она ранее занимала. Причин такого быстрого удаления древесной растительности может быть две — это 1) искусственное удаление леса при помощи его рубки или корчевки и 2) гибель леса под влиянием пожара. Мы не станем входить здесь в рассмотрение тех случаев, когда рубка или корчевка леса соединена иногда с искусственным выжиганием всего или части деревянистого органического вещества, предпринятым

с целью обращения лесного угодия в пашню, а рассмотрим лишь те случаи рубки, после которых бывшее лесное угодие умышленно или помимо воли человека переходит в разряд природных кормовых угодий, лугов или пастбищ. Случаи такого перехода, совершающиеся помимо воли человека, происходят под влиянием пастьбы скота на поруби или на пожарище. Благодаря беспрерывному ощипыванию верхушек и затаптыванию молодых древесных побегов или всходов, естественное лесовозобновление может прекратиться, и угодие само собою переходит в другой разряд. Подобный же переход может совершиться и при производстве сплошных рубок на обширных пространствах без оставления или при недостаточном количестве оставленных семенных деревьев, или маяков. Случай рубки или корчевки лишь количественно и немногим отличается от случая уничтожения леса огнем; разница заключается лишь в быстроте, с которой совершается процесс минерализации части или всего деревянистого органического вещества леса, и в частичном уничтожении наличного покрова травянистых растений огнем, которые в этом случае потребуют несколько большего промежутка времени для нового заселения очистившейся площади; в общем же ходе процесса принципиальной разницы не наблюдается, поэтому в дальнейшем мы будем рассматривать, как более общий, случай очистки лесной площади рубкой.

Различие в условиях, в которых окажется растительность травянистого покрова леса при его постепенном исчезновении и при быстрой единовременной сводке леса, будет лишь количественная; в первом случае дерновый процесс будет продолжать развиваться дальше, начиная от стадии господства микотрофной травянистой растительности, причем последние остатки древесной растительности будут чрезвычайно постепенно исчезать, во втором случае тот же дерновый процесс будет продолжаться, начиная с того момента своего развития, в котором застала его сводка леса; но кроме того последняя операция внесет, в каче-

стве нового привходящего и временного явления, некоторые новые условия, которые не нарушат ход основного процесса, но под влиянием которых на той же территории, на которой протекает этот последний, возникнет новый комплекс процессов, которые как бы нанижутся на первый и некоторое время будут протекать совместно и одновременно с ним, пока не затухнут, и тогда основной процесс вновь будет развиваться в чистом виде, как и в первом случае.

Новые условия, которые будут созданы сводкой леса, обнимут собой ряд воздействий на количественный приток всех факторов жизни растений. Прежде всего наиболее быстро и резко изменятся условия освещения и тепловые, причем последние изменятся не только в смысле притока большего количества тепла в летние месяцы, но также и в смысле увеличения амплитуд колебания тепловых условий, ибо сводка леса повлияет на изменение величины и равномерности снегового покрова, а следовательно, и на выражение его умеряющего влияния на зимнее охлаждение почвы и, кроме того, отсутствие стволов и крон деревьев вызовет сильное опоздание весеннего оттаивания почвы, о котором мы говорили выше. Это изменение термических и световых условий повлечет за собою исчезновение из состава травянистой флоры целого ряда чисто лесных растений, приспособившихся к термическим условиям более или менее сомкнутого леса.

Не менее резко изменятся и условия увлажнения. Хотя лесная подстилка еще и сохранится в течение первого года в неизмененном состоянии, но коренным образом изменятся три другие причины значительной влажности лесной почвы: 1) равномерность распределения снегового покрова, 2) равномерность и медленность его весеннего таяния и 3) раннее весеннее или даже зимнее оттаивание почвы, которое будет отсутствовать вследствие устранения влияния теплоемкости крон деревьев и излучения ими тепла и теплопроводности стволов их, приводящих поглощенное кронами тепло к верхним слоям почвы. Поэтому вода, происходящая вследствие быстрого таяния сне-

га, также быстро стечет по поверхности еще замерзшей почвы, и на поверхности останется только то ее количество, которое будет поглощено лесной подстилкой. Это уменьшение запаса воды в почве, несомненно, также повлечет за собою исчезновение многих представителей чисто лесной флоры, как повлияло и изменение термо-актинических условий, но провести границу этих различных влияний вряд ли представляется возможным.

В неменьшей мере претерпят изменение после сводки леса и условия питания травянистой флоры леса. Не считая того ограничения в притоке зольных элементов и азота, которое претерпит почва леса после его исчезновения, рубка леса или его сжигание вызовет и другое, наступающее внезапно, изменение. После всякой рубки на лесосеке остается огромное количество мертвого деревянистого органического вещества — хвои и листьев, веток, коры, а часто и значительного количества хвороста; также и после лесного пожара или пала на поверхности той же почвы сразу освобождается огромное количество древесной золы. Количество органического вещества, сразу притекающего к поверхности почвы, во многораз превышает нормальный ежегодный приток такого же мертвого органического вещества в живом лесу. Все это органическое вещество тотчас после его отмирания и наступления благоприятных тепловых условий подвергается бурному аэробному грибному разложению. К количеству надземного органического вещества присоединится и еще большее его количество, распределенное в массе почвы в виде пней и корней. Это количество особенно велико, если вырубается порода, не способная производить побеги от корня или корневой шейки, или при корчевке, когда у всякой породы отмирает вся масса корней. Подземная масса органического вещества также подвергается несколько более медленному, но все-таки бурному разложению, идущему от поверхности почвы вниз и несколько замедляющемуся только у толстых пней вследствие концентрации массы органического вещества, мешающей проникновению кислорода к центральным областям его. Понятно,

что быстрое аэробное разложение всего этого количества органического вещества связано с освобождением массы зольных элементов в форме окисленных веществ, и такое изобилие зольной пищи вызовет появление роскошной флоры, соответствующей по своим биологическим свойствам первой стадии проявления дерновой растительности в осветляющемся лесу. Почти все представители этой флоры являются резко выраженными корневищевыми растениями, а в местах особенно сильного скопления органического вещества — вокруг штабелей хвороста и на местах ошкуривания бревен и распиловки досок — к ним присоединяются и рыхлокустовые растения. Наиболее типичным представителем этой флоры является Chamaenerium angustifolium. Scop., часто придающий лесосекам сплошной яркий розовый цвет, Solidago virgo aurea L., Lysimachia vulgaris L. и Scrophularia nodosa L., окрашивающие лесосеки в яркожелтый цвет. К этим главным представителям присоединяются Fragaria vesca L., F. moschata Duch., Filipendula ulmaria Maxim., F. hexapetala L., Aegopodium podagraria L., Angelica silvestris L., Ajuga reptans L., Lamium galeobdolon Crantz., Mentha austriaca Jacq., Veronica chamaedrys L., Campanula cervicaria L., C. trachelium L., Inula hirta L., Achillea millefolium L., Lampsana communis L., Hieracium umbellatum L., а также Luzula pilosa Willd. и L. campestris D. C. Из злаков особенно сильного развития достигают Calamagrostis epigeios Roth.,C. varia Host., Hierochloê odorata Wahlb. Briza media L., Koeleria gracilis Pers. Кроме перечисленных видов, большою роскошью развития на лесосеках отличаются бобовые, представленные главным образом видами клевера и вики, особенно Trifolium medium L., T. alpestre L., T. agrarium L., T. spadiceum L., T. arvense L., Lathyrus pratensis L., Vicia cracca L., V. sepium L., Medicago falcata L., M. lupulina L.

Под покровом этой роскошно развитой флоры продолжает развиваться та флора, которая соответствует стадии развития дернового процесса, которую застала вырубка леса, за исклю-

чением тех растений, которые исчезают под влиянием перемен, постигших термо-актинические условия и условия увлажнения. Роскошное развитие корневищевой флоры лесосек продолжается недолго. Уже большей частью на второй год лесосеки прекращается развитие ее в форме сплошного ковра, и оно продолжается с прежней интенсивностью лишь отдельными пятнами или участками, приуроченными к местам особенно сильного скопления лесного мусора — коры, опилок, мелкого хвороста и около больших пней, где деревянистое органическое вещество еще не успело разложиться и где продолжается обильное поверхностное образование минеральных окисленных соединений элементов зольной пищи растений. Огромное большинство этих растений обладает слабыми в механическом отношении корневищами, которые хорошо развиваются лишь в рыхлой массе лесной подстилки и лесного войлока, но не способны проникнуть в плотную бесструктурную массу подзолистого горизонта, хотя в нем, благодаря разложению корней лесных деревьев, и продолжается достаточно обильное образование зольной пищи, несколько умеренное в своем темпе, благодаря затрудненному доступу воздуха, пролагающего себе путь через плотную почву. Вследствие этого вышеназванная флора покидает территорию и заменяется новой флорой корневищевых злаков, присоединяющихся к господствовавшей до уничтожения леса флоре, способной приспособиться к новым условиям освещения, температуры и влажности. Главными представителями этой флоры являются Poa pratensis L., Festuca rubra L., Agrostis alba L., Hierochloë odorata Wahlb. Bromus inermis Leyss., Alopecurus pratensis L., преимущественно его разновидность с черными колосовидными метелками Briza media L., и отдельные круговины Phalaris arundinacea L. и Trisetum flavescens Pal. Beauv. К этим злакам присоединяется и ряд корневищевых осок, из которых наиболее часто встречаются Carex Goodenoughii Gay., C. leporina L. и C. panicea L.

Массовое преобладание флоры корневищевых злаков длится, однако, недолго — года три, четыре — до тех пор, пока не раз-

ложится главная масса корней лесных деревьев, после чего раздельно-зернистая почва леса садится и слегается плотным горизонтом, в котором корневища не находят достаточно благоприятных условий проветривания почвы, необходимого для их успешного процветания. Причина быстрого и плотного слегания подзолистой лесной почвы заключается в том, что она не способна образовать сколько-нибудь связные отдельности, так как в ней отсутствует элемент, придающий почве связность — глина, разрушенная подзолообразовательным процессом и образовавшая при этом процессе массу аморфной кремневой кислоты, не способной сохранять сколько-нибудь долгое время приданную ей форму отдельностей, которые распыляются в порошок при высыхании и расплываются при увлажнении. Единственный элемент, способный заменить глину, представляет аморфный нерастворимый в воде перегной — гумин и ульмин, которые, однако, накопляются при этих условиях с большим трудом, так как в быстро уплотняющейся почве органические остатки сохраняются в неразрушенном состоянии, благодаря быстрому наступлению господства условий анаэробиозиса, при которых биологический процесс совершается весьма медленно, благодаря быстро наступающим перерывам его, и накопление заметного количества нерастворимого аморфного ульмина требует значительных промежутков времени.

После того, как масса минеральной почвы осядет плотным горизонтом, аэробный процесс разложения рыхлых поверхностных отмерших частей корневищевых злаков еще продолжается, и образуется достаточное количество минеральных окисленных соединений зольных элементов; на смену корневищевой флоре злаков появляется новая богатая флора рыхлокустовых растений, которая в значительной степени угнетает уже имевшуюся на лугу флору микотрофных злаков и производит впечатление своего господства. Обыкновенно наиболее широким распространением пользуется Festuca pratensis Huds., и рядом с нею Poa palustris L.; вместе с Festuca rubra L. они образуют

общий фон, на котором вкрапленными являются Phleum pratense L., Arrhenatherum elatius M. et K., Avena pratensis L., Anthoxanthum odoratum L., Cynosurus cristatus L., Poa trivialis L., P. compressa L., Festuca arundinacea Schrad. и Lolium perenne L. В то же время в названной флоре остаются и некоторые корневищевые злаки, находящие себе приют и питание в самом верхнем, еще рыхлом слое недавно отмершего органического вещества; к таким злакам принадлежат Briza media, Agrostis alba, Hierochloë odorata и Trisetum flavescens, которые частью равномерно, как первые два, частью отдельными круговинами заполняют промежутки между кустами основной флоры луга.

Одновременно с флорой рыхлокустовых злаков, составляющих основной фон луга, появляется и флора автотрофно питающихся растений других семейств, появляются кустовые осоки Carex digitata L. C. hirta L., C. pallescens L., обильно развиваются кустики Luzula campestris D. C. Juncus lamprocarpus Ehrh; количество весенних эфемеров сильно сокращается, их роль — использование зольных элементов, переходящих в раствор в весенней снеговой воде,— встречает сильное ограничение вследствие того, что ко времени сбега снеговой воды почва находится по большей части в замерзшем состоянии, и после того, как она оттает, уже после исчезновения снегового покрова сильным конкурентом весенних эфемеров являются злаки, перезимовавшие побеги которых, начавшие развиваться еще с осени прошлого года, а часто и двух- трехлетние укороченные побеги злаков, в это время уже в состоянии проявить жизнедеятельность и противопоставить деятельности эфемеров, которые должны еще развить и корневую и листовую системы, готовую уже обильную корневую сеть, развившуюся еще с осени, и готовую листовую поверхность. Поэтому число луговых весенних эфемеров невелико и ограничивается чаще всего лишь Caltha palustris L. и реже Ranunculus ficaria L., Myosurus minimus L., Anemone patens L., A. pratensis L., Draba verna L. и D. nemorosa L. Зато количество летних

многолетних автотрофно питающихся растений разных семейств, так называемого разнотравия, в сильной мере возрастает, занимая промежутки между кустами рыхлокустовых злаков, которые, не обладая длинными корневищами, не могут достаточно быстро завоевать площадь. Особенно сильным развитием отличаются такие растения, которые обладают розеткой зимующих листьев; они способны к очень раннему развитию побегов и листьев вследствие того, что обладают мощным и длинным корнем, запасающим обильное количество пластического материала и могущим проявить жизнедеятельность в то время, когда окружающая почва еще не оттаяла и растения с коротким корнем еще не могли бы удовлетворить потребности молодых листьев в воде; к таким растениям с глубоким и толстым корнем принадлежат щавели Rumex acetosa L., R. confertus Willd. и R. crispus L. и одуванчик Taraxacum vulgare Schk.

К растениям, образующим зимующую плотную розетку или подушку листьев и побегов, упорно защищающим раз занятую территорию, принадлежат, например, Polygonum bistorta L., Cerastium arvense L., C. caespitosum Gilib., Vicaria viscosa Aschers., Silene venosa Aschers., S. nutans L., Lychnis flos cuculi L., Alchemilla vulgaris L., Geranium pratense L., Brunella vulgaris L., Salvia pratensis L., Mentha arvensis L., Veronica officinalis L., Plantago media L., P. lanceolata L., Galium verum L., Campanula glomerata L., Bellis perennis L., Antennaria dioica Gaertn., Anthemis tinctoria L., Chrysanthemum leucanthemum L., Centaurea jacea L., C. phrygia L., C. scabiosa L., Leontodon hispidus L., L. autumnalis L., Tragopogon major Jacq., T. pratensis L., Hieracium pilosella L.

Кроме этих растений, из которых многие, благодаря их указанным выше свойствам, часто играют роль тягостных и трудно истребляемых сорняков на лугах как природных, так и искусственно создаваемых, в этой стадии развития луга мы встречаем еще большие количества и других, частью корневищевых, частью кустовых, и много однолетних автотрофно питающихся растений,

заполняющих люки [промежутки] между кустами рыхлокустовых злаков; к таким принадлежат: Rumex acetosella L., Sagina procumbens L., S. nodosa Fenzl., Dianthus superbus L., D. deltoides L., Ranunculus acer L., Thalictrum minus L., T. simplex L., T. angustifolium Jacq., T. flavum L., Potentilla argentea L., P. recta L., Polygala vulgaris L., P. amara L., Euphorbia virgata W. K., Hypericum quadrangulum L., Viola canina Rchb., V. epipsilla Ledb., Primula officipalis Hill., Myosotis caespitosa Schultz., Veronica spicata L., Succisa praemors Aschers., Campanula rotundifolia L., Inula britanica L., I. hirta L., Artemisia dracunculus L., A. campestris L., Crepis palustre Moench., C. virens Vill. К этим многолетним представителям автотрофно питающихся растений присоединяется еще значительное число однолетних и двулетних представителей той же группы Таким являются: Alopecurus geniculatus L., A. fulvus Sm., Apera spica venti Pal. Beauv., Eragrostis minor Host., Poa annua L., Bromus arvensis L., B. racemosus L., Juncus bufonius L., Polygonum aviculare L., Scleranthus annuus L., Barbarea vulgaris R. Br., B. strcta Andrz., Berteroa incana D. C., Bunias orientalis L., Malva rotundifolia L., Carum carvi L., Pimpinella saxifraga L., Artemisia scoparia W. et K. Не менее обильно представлены в этом периоде и бобовые — Medicago falcata L., M. lupulina L., Trifolium pratense L., T. arvense L., T. fragiferum L., T. montanum L., T. repens L., T. spadiceum L., T. agrarium L., Anthyllis vulneraria L., Lotus corniculatus L., Vicia sepium L., V. cracca L. и Lathyrus palustris L.

Под воздействием всей этой разнообразной растительности, которая в лице всех своих представителей принадлежит к луговой травянистой формации, процесс неизбежного накопления мертвых органических остатков этой флоры в почве и на ее поверхности прогрессивно возрастает в своем выражении, и под влиянием этого явления вновь начинают сгущаться условия анаэробиозиса в поверхностном горизонте почвы. Рядом с этим сравнительно медленно протекающий процесс разрушения отживших

корней деревьев также приходит к концу. Эти два рядом протекающих процесса приводят, хотя и разными путями, к одному конечному результату. Количество зольных элементов и азота в состоянии окисленных минеральных соединений прогрессивно уменьшается, и также увеличивается запас тех же элементов в форме органического вещества. Массовое появление в это время однолетних и двулетних автотрофно питающихся луговых растений, принадлежащих к степной травянистой растительной формации, мало помогает основной флоре луга, ибо эти однолетние растения своими поверхностно развивающимися корнями усваивают лишь продукты аэробного разложения самого верхнего горизонта почвы, которые лишь весьма медленно проникают в массу почвы, переполненную органическим веществом, и которые в отсутствие этой флоры были бы смыты с поверхности луга весенней снеговой водой.

Благодаря же представителям степной растительной формации устанавливается на поверхности луга новый процесс, идущий параллельно с главным дерновым процессом. Этот процесс заключается в том, что упомянутые представители степной растительной формации переводят часть этих продуктов поверхностного аэробного процесса, которыми по указанным причинам не может воспользоваться многолетняя флора луга, в состояние органического вещества. По отмирании этой флоры среди лета или в конце его зольные элементы и азот органического вещества этих растений быстро минерализируются и немедленно же вновь усваиваются начинающими в это время развиваться двулетними представителями той же флоры и отлагаться в форме запасного пластического материала для их развития в следующем году. То, что не могут использовать двулетние растения — главным образом продукты весеннего аэробного разложения поверхностного органического вещества,— усваивается частью весенними эфемерами, частью однолетними представителями той же степной растительной формации. Такую же роль участников этого привходящего процесса на поверхности луга играют

и зеленые мхи, развивающиеся массами в то же время появления большого количества однолетних и двулетних трав. Все мхи этой стадии развития луга представляют растения автотрофного типа питания; из них наиболее широким распространением пользуются Thuidium abietinum W., T. recognitum Lindb., Climacium dendroides Web. et Mohr. и Polytrichum gracile Menz. Более подчиненное значение имеют, хотя также часто встречаются: Ceratodon purpureus Brid., Mnium cuspidatum Leyss., Thuidium delicatulum Vitt., Rhytidiadelphus triquetrus Warnst., R. squarrosus Warnst. и Acrocladium cuspidatum Lindb.

Период господства рыхлокустовых злаков заканчивается двумя вышеупомянутыми явлениями, имеющими, так сказать, симптоматическое значение. Первое из этих явлений заключается в постепенном нарастании преобладания на лугу разнотравия автотрофного типа питания, вытесняющего постепенно господство злаков. Причина этого явления заключается, повидимому, в том, что у огромного большинства представителей многолетнего разнотравия имеются более или менее ярко выраженные утолщенные подземные органы, которые играют роль не только органов вегетативного размножения, но и запасных складов пластического материала. Таким складочным органом являются или корни, как, например, у видов Rumex, у Taraxacum и Tragopogon, или укороченные подземные или надземные стеблевые органы, как, например, у Polygonum bistorta, у Alchemilla vulgaris и видов Silene, Plantago и др. Между тем у рыхлокустовых злаков роль таких органов, служащих для запаса пластического материала, играют главным образом их образующиеся с осени корни, основания укороченных побегов и реже листовые влагалища; все эти органы сравнительно редко приобретают значительный объем, как мы это видим в образующихся луковицеобразных основаниях стеблей у Phleum pratense и Arrhenatherum elatius, корни же рыхлокустовых злаков никогда не достигают сколько-нибудь заметного утолщения, и их осенние корни лишь немногим толще тех, которые образуются весной и летом.

Поэтому развитие злаков зависит главным образом от притока минеральных соединений элементов зольного питания и азота, как раз в период их развития, и очевидно, что недостаточность притока этих веществ должна отразиться в гораздо сильнейшей степени на уменьшении энергии развития рыхлокустовых злаков, имеющих лишь очень ограниченный запас пластических веществ, чем на развитии многолетнего разнотравия, у большинства представителей которых имеется настолько обильный запас пластического материала, что, например, виды Rumex, Polygonum bistorta и Alchemilla vulgaris могут образовать почти совершенно нормальные по величине растения, приносящие обильное количество семян, если вынуть только часть их корней или корневищ весной из почвы и культивировать их в дестиллированной воде. Результатом такого неравенства в развитии органов, служащих складочным местом запасного пластического материала, будет, очевидно, то, что по мере уменьшения количества образующихся в единицу времени питательных веществ в пригодной для усвоения этими растениями форме, злаки будут испытывать большую задержку в своем развитии, и в дальнейшем более сильное развитие многолетнего разнотравия будет угнетать развитие злаков путем их затенения.

Второе явление, предшествующее прекращению господства рыхлокустовых злаков на лугу, представляет постепенное увеличение содержания в травостое так называемых сорных растений, т. е. однолетних и двулетних или озимых представителей степной растительной формации, причиной которого, как мы видели, является затрудненность проникновения в область распространения корней многолетних растений луговой растительной формации продуктов аэробного разложения поверхностных слоев органического вещества луга; явление это следует рассматривать, как несомненное соперничество первых растений со вторыми, так как независимо от того, что продукты аэробного распада поверхностного слоя органического вещества луга без посредничества сорных растений все равно не могли

бы быть усвоены растениями второй группы и были бы смыты дождевыми и снеговыми водами с поверхности луга, все-таки раз, на основе этих зольных элементов и азота, развивается обильная сорная растительность, то последняя влияет угнетающим образом на уже ослабленные недостатком питания злаки путем их затенения и расходования запаса воды почвы луга, который становится в это время уже незначительным вследствие чрезвычайной влагоемкости поверхностного горизонта органического вещества, медленно пропускающего атмосферные осадки к минеральной почве луга и в значительной мере теряемые для почвы вследствие стекания по уклону поверхности луга. Наконец, появление покрова автотрофно питающихся зеленых мхов, развивающихся на основе тех же элементов пищи растений, как и сорные растения луга, влияет сильно задерживающим образом на проникновение кислорода в почву луга и лишает корни рыхлокустовых злаков необходимого им кислорода, для доставки которого к корневой системе у этих растений нет никаких приспособлений, и дыхание корней их основано на непосредственном проникновении кислорода в почву, ими обитаемую.

Под влиянием всего комплекса этих явлений развитие рыхлокустовых злаков начинает угнетаться, и, как яркий признак ослабления их, наступает роскошное развитие зеленых полупаразитов, паразитирующих на корнях этих растений; поверхность луга покрывается густым ковром Rhinanthus major Ehrh., R. minor Ehrh., Odontites serotina Rchb., Euphrasia stricta Host., Orthantha lutea Kern., Melampyrum arvense L., и M. cristatum L., и деятельность этих полупаразитов окончательно довершает почти полное исчезновение рыхлокустовых злаков, из которых остается лишь небольшое количество видов, отличающихся крайне поверхностной корневой системой. К числу этих последних относятся Anthoxanthum odoratum и Cynosurus cristatus L., которые еще долго не исчезают с поверхности луга, входя в качестве постоянных членов в состав начального перио-

да нового сообщества, сменяющего сообщество рыхлокустовых злаков.

Одновременно с угнетением луговой флоры автотрофного типа питания начинают вновь крепнуть представители микотрофных злаков, которые были угнетены в своем развитии пышным ростом флоры рыхлокустового периода луга, или они появляются вновь, если рубка леса не застала их в травянистом покрове лесосеки. Новая флора представлена преимущественно плотнокустовыми микотрофно питающимися злаками, из которых чаще других встречаются Deschampsia caespitosa Pal. Beauv. и Festuca duriuscula L. Оба эти злака развиваются сплошной массой, почти не оставляя места для роста других растений; реже образуют такой же сомкнутый травостой Festuca ovina L. и Nardus stricta L.

Начиная с этого времени, дерновый процесс идет беспрепятственно и однообразно, как на площади, искусственно очищенной от леса, так и на такой, на которой лес естественным путем уступает территорию травянистой растительности, ибо, благодаря густому сомкнутому травостою микотрофных злаков и дифференцировавшемуся горизонту органического вещества, естественное лесовозобновление прекращается, и изреженные отдельные деревья, оставшиеся от прежнего леса, уже не могут внести коренных изменений в режим травянистого покрова, тем более, что все большее изреживание деревьев приводит к постепенному затуханию этого влияния. Влияние изреженных деревьев скажется лишь в постоянном затенении поверхности луга в течение вегетативного периода, в более быстром таянии снега под кроной дерева, вследствие излучения ею тепла поглощенных днем солнечных лучей, и в притоке к поверхности луга мертвых деревянистых остатков. Первые два явления, обусловленные отдельно стоящими реликтными деревьями, найдут себе выражение лишь в некотором удлинении роста травянистых растений и некоторого ослабления общего состояния их развития вследствие частичного затенения, и это явление находит себе

отражение в развитии в области затенения кроны зеленых полупаразитов, о которых мы говорили выше. Приток же мертвого деревянистого органического вещества будет иметь последствия, о которых мы будем говорить далее при рассмотрении влияния новых деревянистых членов сообщества плотнокустового периода развития дернового процесса.

Мы видели, что зольное питание плотнокустовых злаков основано на разрушении ими при помощи мицелия микоризы мертвого органического вещества, как обильно пронизывающего минеральную почву луга в этом периоде, так и обособившегося на поверхности его. Что касается азотного питания, то оно, повидимому, основано на таком же разрушении апокреновой кислоты апокренатов ортштейнового горизонта. Есть много оснований предполагать, что при этом разрушении апокреновой кислоты должны играть роль аэробные бактерии, для жизни которых в анаэробной обстановке высшие растения приводят по своим тканям кислород так же, как и для мицелия микоризы. Основания, которые заставляют нас высказать такое предположение, следующие. Что симбиотрофные злаки усваивают азот, и попутно и фосфор, из ортштейнового горизонта, становится ясным из того, что эти злаки обладают длинными корнями, проникающими в этот горизонт, что было бы излишним, если бы они могли пользоваться богатым запасом азота из органического вещества верхних горизонтов почвы. Не все симбиотрофные злаки обладают длинными корнями (среди них Nardus stricta отличается короткими корнями), и мы видели, что на водоразделах, где ортштейновый горизонт не развит, и на песках, где этот горизонт лежит часто очень глубоко, мы встречаем как раз развитие Nardus stricta, и злаки с глубокой корневой системой, вроде Deschampsia caespitosa или Festuca duriuscula, встречаются здесь лишь в местных замкнутых котловинах, в которых ортштейновый горизонт всегда выражен очень резко. То же касается и другого симбиотрофного злака с короткой корневой системой Festuca ovina, которая всегда

приурочена к повышениям песков, где ортштейновый горизонт отсутствует, и как только мы переходим к таким понижениям песчаного ландшафта, в которых обособился ортштейновый горизонт, мы всегда встречаемся с развитием или Deschampsia caespitosa, или, чаще, с Festuca duriuscula. Там, где мы, в местах развития Nardus stricta или Festuca ovina, встречаемся с беспрепятственным и обильным развитием бобовых, как это имеет место на гривах слоистой поймы, мы видим нормальную, интенсивно зеленую, даже синезеленую окраску листьев и обильное плодоношение обоих злаков, не несущих никаких признаков азотного голодания. Между тем в начинающем осветляться водораздельном лесу, где кислая реакция почвы, обусловленная присутствием сплошного покрова лесной подстилки, является препятствием для богатого развития бобовых, мы встречаем карликовые растения Nardus stricta с едва заметными, шиловидными листовыми пластинками и с колосьями, едва несущими пять-шесть колосков, из которых большинство не образует плодов; все растение бледного желто-зеленого цвета, и покров его никогда не достигает той степени сплошной сомкнутости, которую проявляют тот же Nardus stricta в области склонов, куда проникает достаточное количество растворенных в почвенной или делювиальной воде минеральных соединений азота. Водораздельные же растения Nardus stricta проявляют все признаки азотного голодания.

Если же мы обратим внимание на луга области нижней трети склонов, где ортштейновый горизонт развит очень сильно и где он залегает не глубоко, то на таких лугах мы встречаем по большей части сплошной сомкнутый покров злаков, среди которых подавляюще главную роль играет Deschampsia caespitosa или Festuca duriuscula, и все злаки достигают максимальной величины своего развития и всегда окрашены в интенсивно зеленый цвет и не проявляют никаких признаков азотного голодания, несмотря на то, что часто на десятках и сотнях гектаров таких лугов мы не встречаем ни одного бобового растения. На таких

лугах ортштейновый горизонт густо пронизан и оплетен корнями этих злаков.

Мы знаем, что грибное разложение органического вещества связано с обращением азота, содержащегося в нем, частью в свободный минеральный азот, частью в органический азот тела грибов и в такой же азот креновой кислоты, и мы не имеем никаких логических оснований предполагать, что разрушение органического вещества мицелием микоризы будет происходить по иной схеме, независимо от того, будет ли то органическое вещество растительных остатков или апокреновая кислота. Кроме того, мы не имеем никаких указаний на то, чтобы мицелий микоризы разрушался в тканях микотрофных растений, как это происходит с бактериями клубеньков бобовых, и чтобы таким образом азот тканей мицелия микоризы служил источником азота для зеленых симбиотрофных растений. Поэтому участие в разрушении органического вещества при посредстве симбиотрофных злаков других организмов, кроме грибов, является логически неизбежным и, в силу такой же неизбежности, этими организмами могут быть только аэробные бактерии, так как под влиянием анаэробных бактерий органическое вещество разрушается с выделением азота в форме свободного азота и органического азота тел бактерий и ульминовой кислоты. Кроме того, основное свойство анаэробного процесса — его течение короткими урывками, разделенными длительными перерывами полного застоя, делают этот процесс совершенно непригодным служить основанием для длительного проявления жизнедеятельности, требующей беспрерывного притока пластического материала или мирящейся лишь с короткими перерывами этого притока.

Органические остатки верхнего горизонта луговой почвы не могут быть источником азотного питания для плотнокустовых симбиотрофных злаков по той причине, что развитие и жизнедеятельность аэробных бактерий в горизонте отложения этих остатков исключены даже в случае искусственного притока кис-

лорода, осуществляемого симбиотрофными злаками. Самое скопление мертвого органического вещества в верхнем горизонте почвы и над ней определяет собою условия анаэробиозиса, подчеркиваемого еще чрезвычайной влагоемкостью этого вещества и связанной с нею неподвижностью воды, его пропитывающей. Следствием анаэробного разложения мертвых растительных остатков будет накопление ульминовой кислоты, а неподвижность воды, пропитывающей эти остатки, определяет собою устойчивое сохранение ульминовой кислоты в рассматриваемом горизонте почвы. Таким образом, устойчивая кислая реакция среды совершенно исключает возможность развития в горизонте скопления органического вещества аэробных бактерий даже при условии искусственной доставки кислорода в этот горизонт. Только в короткие промежутки времени, непосредственно следующие за зимним периодом, когда вследствие замерзания ульминовая кислота обращается в нерастворимый в воде ульмин, открывается кратковременная возможность развития в рассматриваемом горизонте аэробных бактерий, но эта возможность ограничивается тем коротким промежутком времени, в течение которого анаэробные бактерии, также получающие возможность развития в это время, накопят количество ульминовой кислоты, достаточное для проявления токсического действия, как на анаэробных, так и на аэробных бактерий. Кроме того, такое перерывчатое снабжение высших растений азотом не может служить основанием для обеспечения их потребности в этом питательном веществе, которая не прекращается в течение всего периода вегетации многолетних злаков без всяких перерывов.

Аэробное разложение поверхностного горизонта органического вещества также не может служить источником азотного питания плотнокустовых симбиотрофных злаков, так как раствор продуктов этого разложения не может проникнуть в среду распространения корней этих растений вследствие того, что горизонт органического вещества, обособившийся на поверхности почвы, практически непроницаем для воды и бо̀льшую часть

вегетативного периода бывает насквозь пропитан водой и вместить нового ее количества не может. Даже после длительных периодов засухи, когда этот горизонт высыхает, вода атмосферных осадков, смывающая продукты поверхностного аэробного разложения, будет удерживаться поверхностными пересохшими слоями этого горизонта органического вещества и не проникнет в почву. В верхних же горизонтах все содержащиеся в растворе в этой воде питательные вещества будут усвоены теми растениями, корни которых развиваются здесь. Симбиотрофные же плотнокустовые злаки не развивают особой поверхностной корневой системы и своими корнями не могут усвоить ничего из продуктов поверхностного аэробного разложения органического вещества.

Таким образом, единственным источником азотного питания симбиотрофных плотнокустовых злаков является апокреновая кислота солей ортштейнового горизонта. В этом горизонте нет никаких препятствий для развития аэробных бактерий при условии искусственной доставки к месту их развития кислорода, что и осуществляется при помощи корней интересующих нас злаков. Та ульминовая кислота, которая выделилась в этом горизонте в период усиленной деятельности анаэробных бактерий, под влиянием которых обособился ортштейновый горизонт, была тогда же выщелочена из него беспрерывным нисходящим током воды в лесной почве, существование которого представляет безусловно необходимое условие обособления рудякового горизонта. Наконец, если бы в этом горизонте и могла вновь скопиться ульминовая кислота уже после исчезновения леса и прекращения нисходящего тока воды, то она вся была бы обращена в нерастворимый в воде ульмин действием низкой температуры при промерзании этого горизонта.

Вследствие всего комплекса вышеизложенных соображений нам приходится признать, что питательный режим плотнокустовых симбиотрофных злаков, сменяющих пеструю флору рыхлокустового периода дернового процесса на лугу, слагается из двух самостоятельных процессов. Первый процесс представ-

ляет комплекс явлений, используемых этими растениями с целью обеспечения своего зольного питания. Осуществление его возможно благодаря присутствию у плотнокустовых злаков воздухоносной системы каналов, слагающихся из межклеточных промежутков паренхимы зеленых надземных органов, особенно ясно выраженных в листьях и стеблях Deschampsia caespitosa и непосредственно соединяющихся с такой же воздухоносной системой корней, где наличность каналов осуществляется не только путем развития межклеточных промежутков, но и как результат частичной резорбции клеточных стенок тканей корней, непосредственно лежащих под пробковой их внешней тканью. Таким образом достигается возможность проведения к корням этих растений как внешней атмосферы, так и продуктов газового обмена зеленых тканей, непосредственно прилегающих к воздухоносной системе. Так как остатком от усвоения углерода из углекислоты является свободный кислород и этот кислород выделяется зелеными клетками растений в межклеточные промежутки, то очевидно, что газ, циркулирующий в воздухоносной системе этих растений, гораздо богаче внешнего воздуха кислородом и, вероятно, весьма близок по своему составу к чистому кислороду, так как угольная кислота, получающаяся в результате жизнедеятельности мицелия микоризы, будет немедленно разлагаться зелеными клетками злаков; таким образом, днем, когда созидающая деятельность зеленых клеток требует притока и зольной и азотной пищи, низшие бесцветные организмы, живущие в тканях корней или в непосредственной близости последних, получают изобильный приток кислорода, необходимого для их аэробной жизнедеятельности. Благодаря этим условиям развивающийся на корнях плотнокустовых симбиотрофных злаков мицелий грибов микоризы имеет возможность разрушать окружающее корни органическое вещество растительных остатков, переполняющих все промежутки между минеральными элементами почвы, и продукты этого разрушения, растворенные в почвенной воде, всасываются тем же мицелием, исполняющим

функцию отсутствующих у микотрофных злаков корневых волосков, и усваиваются злаками. Второй процесс представляет, подобно первому, комплекс явлений, благодаря которым кислород, приводимый к корням микротрофных злаков, служит для возбуждения деятельности аэробных бактерий в области ортштейнового горизонта. Деятельностью аэробных бактерий разрушается апокреновая кислота апокренатов рудякового горизонта, и получающиеся в результате этого разрушения нитраты всасываются тем же мицелием микоризы и усваиваются тканями злаков. Тот же процесс разрушения апокренатов влечет за собой и нарушение коллоидальной консистенции апокренатов, и получающиеся в результате этого разрушения и остающиеся на месте разрушения апокренатов углеизвестковая соль или окись железа, обладая порошковатой консистенцией, уже не могут защитить от растворения в воде, содержащей угольную кислоту, фосфорноизвестковую соль, которой изобилует рудяковый горизонт, и эта соль растворяется в почвенной воде и всасывается тем же мицелием микоризы, и злаки получают обильный источник фосфорного питания.

Таким образом осуществляется зольное питание плотнокустовых симбиотрофных злаков и, благодаря большому запасу органического вещества, накопленного в почве предшествующим поколением травянистых растений,— органического вещества, заключающего огромный запас зольных элементов, благодаря посредничеству в его накоплении древесной растительности, собиравшей эти зольные элементы из огромных толщ рухляковой породы, и там, где ортштейновый горизонт получил достаточное развитие, там и развитие плотнокустовых злаков симбиотрофного типа питания, притом обладающих глубокой корневой системой, достигает чрезвычайной мощности, и мы редко наблюдаем сплошной густой и высокий травостой Deschampsia caespitosa или Festuca duriuscila, достигающих степени почти чистых зарослей.

Мы уже видели выше, что в этой стадии развития дернового

процесса в почве луга существует еще один источник зольного и азотного питания, которым симбиотрофные плотнокустовые злаки не в состоянии воспользоваться вследствие особенности устройства их корневой системы. Этим источником является аэробное бактериальное разложение поверхностного горизонта мертвого органического вещества, скопляющегося на поверхности луга. Кроме массы мертвого органического вещества, отлагающегося ежегодно в самой почве, значительное количество его отлагается и на поверхности почвы. Это поверхностное органическое вещество состоит из отживших стеблей и побегов плотнокустовых злаков и их листьев. Благодаря плотному строению кустов и вследствие большой густоты травостоя такого луга, отжившие органы злаков не сразу падают на поверхность, а остаются некоторое время в наклонном или вертикальном положении, поддерживаемые живыми побегами и густой кроной листьев куста злаков. Вследствие значительной густоты травостоя и неровности поверхности луга, зависящей от развития плотнокустовых злаков в форме рыхлых кочек, поверхность луга задерживает все количество выпадающих атмосферных осадков, которые не могут свободно стечь по уклону поверхности и испарение которых помимо растений также сильно затруднено вследствие затенения почвы густой сетью листьев кочковатых злаков.

Поэтому нижние части мертвых побегов и стеблей злаков всегда находятся в условиях благопрятной влажности и идет ярко выраженное аэробное их разложение, и только после того, как нижние части мертвых побегов листьев и стеблей будут разрушены этим разложением, они падают на поверхность почвы и присоединяются к общей массе нарастающего органического вещества.

Продукты аэробного разложения этих отмерших частей плотнокустовых злаков, вследствие обильного питания последних, представляют богатый питательный материал, содержащий как все элементы зольного питания растений, так и обильное

количество минеральных соединений азота. Так как эти продукты разложения органического вещества не могут проникнуть в массу почвы через плотный вполне насыщенный водой горизонт органического вещества, они остаются в рыхлом поверхностном горизонте последнего, и на основе этого питательного материала развивается среди кустов симбиотрофных злаков богатая флора злаков автотрофного типа питания, как корневищевых, так и рыхлокустовых, общий признак которых — их чрезвычайно неглубокое укоренение. К числу наиболее широко распространенных злаков этого типа в плотнокустовом травостое принадлежат Agrostis alba L. и Briza media L., часто встречается Hierochloë odorata Wahlb., Alopecurus pratensis L., Poa pratensis L., изредка встречаются отдельные круговины Phalaris arundinacea L. и еще реже отдельные группы Ttrisetum flavescens Pal. Beauv. Из рыхлокустовых злаков наиболее часто встречается Poa palustris L., реже Anthoxanthum odoratum L., Cynosurus cristatus L. и Alopecurus geniculatus L. и изредка Festuca pratensis Huds L. К числу растений того же характера принадлежат и мелко укореняющиеся осоки, как, например, корневищевые Carex Goodenoughii Gay., C. leporina L., C. panicea L., так и рыхлокустовые, например, Carex hirta L., C. flava L., C. pallescens L., C. canescens L., C. tenella Schkur., C. stellulata Good. Из числа бобовых в это время на лугу остается лишь очень небольшое количество, чаще других встречается Lathyrus pratensis L. и Vicia sepium L. и реже первых Trifolium hybridum L. и Trifolium spadiceum L.

Среди этого общего фона пестрят вкрапленные в общую массу отдельными экземплярами или небольшими группами представители автотрофно питающегося разнотравия Polygonum bistorta L., Stellaria graminea L., Lychnis flos cuculi L., Ranunculus acer L., R. repens L., Cardamine pratensis L., Geum rivale L., Filipendula ulmaria Maxim., Geranium palustre L., Viola palustris L. Количество весенних эфемеров ограничено числом видов; из них большей частью встречаются лишь Caltha palustris

L. и Ranunculus ficaria L.; реже R. sceleratus L. и Myosurus minimus L.

Кроме основной симбиотрофной флоры злаков, луг в состоянии стадии плотнокустового периода изобилует и травянистыми представителями микотрофной флоры других семейств; к таким принадлежат: Orchis Morio L., O. militaris L., O. mascula L., O. incarnata L., Epipactis palustris Crantz, Sanguisorba officinalis L., Lythrum salicaria L., L. virgatum L., Pedicularis palustris L., Valeriana officinalis L.

Мхи обыкновенно бывают сильно подавлены в своем развитии и встречаются большей частью разрозненными дерновинками, причем преобладают преимущественно автотрофно питающиеся зеленые мхи.

В таком состоянии развития плотнокустовый луг пребывает обыкновенно значительное время, продолжительность которого определяется двумя моментами — или степенью развития ортштейнового горизонта подстилающей такой луг почвы, или толщиной наросшего с поверхности луга горизонта органического вещества. Мы уже упоминали выше о роли и значении ортштейнового горизонта в питании азотом сообщества симбиотрофных плотнокустовых злаков, и очевидно, что в том случае, когда этот горизонт выражен количественно несильно, наступает время, когда запас азота этого горизонта истощится, и все количество содержащегося в нем азота будет перенесено в поверхностный горизонт мертвого органического вещества. Очевидно, что в этом случае, даже при незначительной толщине обособившегося на поверхности луга горизонта органического вещества, симбиотрофная флора такого луга должна начать испытывать все возрастающее по своему выражению азотное голодание. Обыкновенно признаки этого голодания начинают появляться еще далеко до времени полного исчерпания запаса азота в ортштейновом горизонте, в то время, когда анализ еще указывает на содержание в нем заметного количества апокреновой кислоты, а следовательно, и азота. Но следует помнить, что корни плотнокустовых

симбиотрофных злаков, равно как и других микотрофных травянистых растений, построены по чрезвычайно простой схеме простых цилиндрических образований, почти не образующих разветвлений и расходящихся под более или менее острым углом из одного общего основания надземных органов растений. При такой схеме своего строения эти корни не могут в достаточно интенсивной степени проникнуть весь объем проходимой ими почвы и должны ограничить свою исчерпывающую питательные вещества среды деятельность лишь цилиндрической массой почвы, немного превышающей своим диаметром диаметр корня, так как они усваивают вещества, находящиеся в состоянии, нерастворимом в воде, и потому не могущие притекать к области воздействия корней на почву. Поэтому признаки ослабления плотнокустовых симбиотрофных злаков начинают наступать еще далеко до полного исчерпания всего запаса азота ортштейнового горизонта.

Вторая причина наступления азотного голодания и определяемого им угнетения развития плотнокустовых симбиотрофных злаков выступает через гораздо более продолжительный промежуток времени, измеряемый десятилетиями, и зависит от нарастания в толщину горизонта мертвого органического вещества на поверхности луга и проявляется и в случае яркого выражения ортштейнового горизонта и независимо от исчерпания содержащегося в нем азота. Причина этого явления заключается в том, что длина корней плотнокустовых злаков представляет величину, ограниченную в своем максимальном выражении очень узкими границами и лишь в редких случаях превышающую в среднем 50—60 см, и очевидно, что по мере утолщения горизонта органического вещества вновь образующиеся корни злаков, сменяющие ежегодно отмирающие корни плодоносивших побегов, должны постепенно все более и более удаляться из ортштейнового горизонта, так как новые побеги плотнокустовых злаков, образующих свои узлы кущения выше поверхности почвы, принуждены все более и более подниматься над уровнем минеральной почвы,

следуя за поверхностью нарастающего слоя органического вещества. Этот последний процесс в условиях ярко выраженного горизонта ортштейна протекает весьма медленно, ибо ему противостоит процесс аэробного разрушения поверхностных частей слоя органического вещества. Процесс аэробного разрушения будет определяться в интенсивности своего выражения двумя моментами — 1) густотой травостоя луга и 2) богатством отжившего органического вещества его азотом и элементами зольного питания растений. Влияние густоты травостоя на интенсивность проявления процесса аэробного разложения поверхностного горизонта органического вещества нами уже рассмотрено выше, и в рассматриваемом случае густой травостой плотнокустового луга, пользующегося обильным азотным и зольным питанием, повлечет за собою чрезвычайно рыхлое распределение мертвых органических остатков, поддерживаемых на весу обильными живыми побегами и стеблями плотнокустовых злаков. Та же сомкнутость живого покрова такого луга повлечет за собою трудную проветриваемость поверхности его и длительно сохранит влажность отмерших, но оставшихся над поверхностью почвы луга, органических остатков. Густота травостоя луга будет способствовать разложению большей части мертвых остатков аэробным путем и тем самым влиять замедляющим образом на интенсивность роста поверхностного горизонта органического вещества на том же лугу. В том же направлении будет влиять и богатство отмерших органических остатков азотом и элементами зольного питания растений, которое будет весьма значительно вследствие обильного запаса азота, фосфора и других необходимых растению зольных элементов, сосредоточенных в ортштейновом горизонте и в обильном запасе органического вещества почвы. Богатство субстрата азотом и другими питательными веществами вызовет значительное повышение энергии аэробного разложения рыхлой поверхностной части отмерших органических остатков, находящихся в благоприятных условиях влажности, и так же, как и только что разобран-

ные условия залегания органических остатков, повлияет замедляющим образом на быстроту роста в толщину горизонта органического вещества луга. Вследствие таких условий, благоприятствующих аэробному процессу разложения мертвого органического вещества, та часть его, которая, наконец, сольется с поверхностью почвы, будет содержать значительное количество гуминовой кислоты, и поэтому горизонт мертвого органического вещества такого луга всегда бывает окрашен в интенсивный коричневый, почти черный, цвет, и органические остатки, его составляющие, в значительной степени утрачивают свое строение под влиянием аэробного процесса разложения, которому они подвергались, прежде чем слиться в общую массу.

Понятно, что, по мере роста в вышину горизонта органических веществ и сопряженного с этим явлением постепенного поднятия всей корневой системы микотрофных растений, новые слои органического вещества будут постепенно становиться все беднее азотом и элементами золы, так как вследствие уже упомянутой схемы строения и расположения корней этих растений и нерастворимости питательных веществ в почве такого луга корни симбиотрофных растений не в состоянии с достаточной степенью полноты исчерпать в отношении питательных веществ субстрата, в котором они развиваются, и с каждым новым поколением побегов, повышающихся в своем положении относительно минеральной почвы, корни этих растений будут покидать слой почвы соответствующей толщины, оставив в нем еще значительное количество неиспользованного азота и элементов золы. Ясно, что раз в распоряжении растения становится все меньшее количество азота и зольной пищи, оно сначала принуждено образовывать новое органическое вещество с меньшим содержанием азота и золы, а далее, при прогрессивном нарастании этого недостатка, растение принуждено будет постепенно уменьшать и количество созидаемого им органического вещества — растение начнет голодать, травостой луга начнет изреживаться вследствие уменьшения побегопроизводительной способности злаков, и, как

вследствие уменьшения густоты травостоя, так и вследствие обеднения органического вещества азотом и зольной пищей, интенсивность проявления аэробного процесса разложения поверхностного органического вещества будет ослабевать, и, наоборот, быстрота роста в толщину горизонта мертвого органического вещества начнет прогрессивно увеличиваться.

Этим моментом заканчивается прогрессивный период дернового процесса. Луг перестает существовать, и начинается постепенный переход его в болото. С точки зрения сущности почвообразовательного процесса этот момент перехода луга в болото характеризуется переходом положительного прогрессивного развития существенного признака почвы — концентрации в ней элементов зольного питания растений и азота, в его отрицательное — регрессивное — развитие, в постепенное обеднение поверхностных горизонтов почвы теми же элементами питания растений. С внешней стороны этот переход характеризуется сменой луговых растительных сообществ болотными сообществами, отличающимися от первых тем, что в болотных сообществах появляются, как непременный член их, деревянистые растения, которые играют существенную роль в деле питания всех членов сообщества зольными элементами.

Но прежде, чем перейти к рассмотрению существенных сторон проявления хода эволюции регрессивного периода дернового процесса или болотного процесса, рассмотрению которого мы посвятим отдельную главу, предшествующую рассмотрению влияния рельефа местности на проявление дернового процесса во всем его объеме, мы закончим настоящую главу рассмотрением случая проявления дернового процесса на черноземных почвах и в области полупустыни при оставлении пахотных угодий в перелог.

Причины, заставляющие при переложной системе земледелия забрасывать полевые земли в перелог, заключаются в том, что после ряда лет полевой культуры урожайность полей понижается до предела выгодности их возделывания и способность

полевой почвы приносить урожаи, окупающие затраченный на обработку почвы труд, восстанавливается только после более или менее длительного пребывания ее в состоянии перелога, благодаря тому, что во время всего этого периода обработка почвы не производится и все пользование ею сводится или к сенокошению, или к пастьбе на ней домашнего скота, и поэтому восстанавливается прочное комковатое строение почвы под влиянием воздействия на нее корневой системы дикорастущей флоры и совершенно исчезает с нее флора сорных растений.

Во время пребывания почвы в состоянии перелога мы наблюдаем на ней ряд смен природных растительных сообществ, строго отвечающих характеру изменений свойств почвы и отмечаемых в практике сельского хозяйства особыми названиями. В последовательном порядке эти периоды развития перелога носят названия перелогов: бурьянистого, пырейного, которые объединяются в одну группу мягких перелогов, и за ними следуют периоды твердых перелогов — тонконогого и типцового, за которыми уже следует период степи ковыльной или полынной, первой — в области чернозема и второй — в области полупустыни.

Ввиду чрезвычайного сходства этих процессов на черноземе и в области полупустыни, мы подробно рассмотрим эти процессы смены растительности перелога на черноземе и лишь будем делать соответствующие указания на их изменения на почвах полупустыни.

В последние годы культуры рассматриваемых почв при переложной системе земледелия поля отличаются чрезвычайной засоренностью. Вся сорная растительность этих полей совершенно ясно подразделяется на пять биологических групп, находящих различные степени выражения на поле. Главное место по степени преобладания занимает пырей Agropyrum repens P. Beauv на черноземе и свинорой — Cynodon Dactylon Pers. на юге и востоке, принадлежащие к наиболее типичным корневищевым злакам. Развитие пырея обусловливается ежегодно повторяющейся обработкой почвы, поддерживающей необходимую для

него рыхлость поверхностного слоя почвы, но так как эта рыхлость представляет явление скоро преходящее и распыленная почва быстро слагается в плотную массу, трудно проницаемую для воздуха, то пырей непосредственно после обработки образует большую массу новых побегов и корневищ, так как в его распоряжении имеется большое количество пластического материала, запасенного в корневищах, и уже готовая зеленая поверхность его зимующих листьев и побегов. Но этим образованием укороченных побегов и новых корневищ почти целиком и ограничивается его деятельность; корневища его, требующие для своего развития свободного доступа большого количества кислорода, принуждены развиваться в самом поверхностном слое почвы, влажность которого подвергается большим колебаниям, неблагоприятно отражающимся на его дальнейшем развитии, и поэтому лишь небольшое сравнительно количество его стеблей достигает периода цветения и плодоношения, большинство же остается в виде укороченных стеблей, образующих густой подсед травы.

Второе место по количеству побегов, но первое место по числу цветущих и плодоносящих побегов занимают двулетние — озимые злаки: овсюги Avena fatua L., A. strigosa Shreb., A. sterilis L., метла, или пух Apera spica venti Pal. Beauv., Andropogon halepensis Brot. и костры Bromus sterilis L., B. arvensis L., B. racemosus L., B. hordeacus L., B. commutatus Schrad., B. squarosus L., B. scoparius L. Вследствие отсутствия осенней обработки эти растения с осени развивают обильные с побегами кусты, образующие густой пучок глубоких корней, и весенняя обработка не в состоянии уничтожить их, так как окрепшие с осени и ранней весной кусты пробиваются через прикрывающую их почву и свободно соперничают с культурными растениями. Особенное значение, вследствие интенсивности своего развития, имеет Avena fatua L., который обладает тем преимуществом пред культурными растениями, высеваемыми на мягких почвах, что он представляет

микотрофное растение и мало зависит от наличности питательных веществ в состоянии минеральных соединений. На третьем месте по степени своего распространения в разбираемых условиях стоят однолетние сорняки; наиболее часто из них встречаются следующие: Panicum Crus galli L., Setaria glauca P. B., S. viridis P. B., Eragrostis minor Host., Bromus secalinus L., B. japonicus Thunb., Lolium temulentum L., L. rigidum Gaud., Polygonum Bellardii All., Chenohodium album L., Atriplex hortense L., A. patulum L., A. hastatum L., A. roseum L., Salsola kali L., Amaranthus retroflexus L., Agrostemma githago L., Silene dichotoma Ehrh., Vaccaria pyramidata Medik L., Delphinuim consolida L., Papaver Rhoeas L., Sinapis alba., S. dissecta Lag., Raphanus raphanistrum L., Melilotus dentatus Pers., M. altissimus Thuill., Vicia sativa L., Erodium cicutaruim L'Herit., Caucalis daucoides L., Lappula myosotis Moench., Borrago officinalis L., Lycopsis arvensis L., Lithospermum arvense L., Galeopsis speciosa Mill., Stachys annua L., Galium tricornc Willd., Xanthium strumarium L., X. spinosum L., Senecio vulgaris L., Calendula arvensis L., Centaurea cyanus L., Picris echioides L., Sonchus asper L., S. oleraceus L.

Эта группа однолетних сорняков начинает быстро развиваться тотчас после весенней обработки, но под влиянием быстро наступающего недостатка воды в почве принуждена бывает быстро сократить развитие своих вегетативных органов и образовать цветы и столь же спешно принести спелые плоды и семена, выделяясь среди флоры поля величиною развития своих надземных частей. Четвертая группа двулетних или озимых сорняков других семейств, кроме злаков, начинает развиваться так же, как и последние, с осени предыдущего года, но, в отличие от двулетних злаков, образует не многочисленные побеги, а лишь розетку прикорневых листьев и один стебель с укороченными междоузлиями; подземные органы большинства из них образуют лишь один стержневой корень, опускающийся очень глубоко в землю, иногда до глубины двух метров, и лишь

немногие из них образуют подобно злакам пучок мочковатых корней. К таким сорнякам принадлежат, например, Barbarea stricta Andrz., Erysimum hieracifolium L., Berteroa incana D. C., Bunias orientalis L., Conringia orientalis Andrz., Melilotus officinalis Desr., Malva silvestris L., Pastinaca sativa L., Heracleum sibiricum L., Daucus carota L., Echium vulgare L., Leonurus cardiaca L., Salvia aethiopis L., Hyoscyamus niger L., Verbascum thapsus L., V. lychnitis L., V. nigrum L., Dipsacus fullonum Mill., Eringeron acer L., E. canadensis L., Anthemis arvensis L., Matricaria inodora L., Artemisia scoparia Waldst. et Kit., Senecio jacobea L., Carduus nutans L., C. acanthoides L., C. crispus L., Onopordon acanthium L., Tragopogon porrifolius L., Lactuca scariola L., Crepis tectorum L., C. virens Vill. Огромное большинство этих растений, кроме дающих, как, например, Barbarea stricta, пучок поверхностных мочковатых корней, не выдирается из почвы вместе с корнями, розетка их листьев отрезается или отрывается от стержневого корня, и [растение], лишенное этого органа, быстро отмирает. Оставшаяся в почве часть корня редко способна давать новые побеги, или если и образует последние, то они бывают очень несовершенны, и поэтому эти двулетние сорняки встречаются на поле в виде отдельных разрозненных экземпляров. Наконец, надо упомянуть еще о пятой группе многолетних сорняков лишь в исключительных случаях, занимающих видное место среди посевов, а чаще встречающихся отдельными группами или оазисами; все эти сорняки имеют глубокие корни; к ним принадлежат Euphorbia virgata W. K., Cirsium arvense Scop., Sonchus arvensis L., Mulgedium tataricum D. C., Convolvulus arvensis L., Linaria vulgaris Mill. Их рассеянные побеги ежегодно уничтожаются обработкой, и поэтому в посевах они редко играют доминирующую роль.

После оставления поля под перелог, т. е. после прекращения его обработки, относительное значение вышеперечисленных пяти групп сильно изменяется. Прежде всего, группа многолетних

корневищевых злаков сразу лишается одного из важнейших условий своего развития — проветривания почвы под влиянием ежегодной обработки, поэтому новое поколение их корневищ принуждено образовываться в самом поверхностном горизонте почвы, выходя почти на поверхность ее. В этом горизонте, благодаря частым и сильным колебаниям влажности, условия образования новых узлов кущения выражены весьма несовершенно, и поэтому развитие пырея ограничивается образованием изреженных укороченных побегов, дающих лишь скудную прикорневую листву и совсем не выметывающих плодоносящих побегов, и пырей отходит сразу на задний план. Группа однолетних сорняков также отступает по своему количественному выражению. Свежие оставшиеся на поверхности плотной почвы семена их находятся в неблагоприятных для прорастания условиях и не всходят. Из числа же семян предыдущих поколений, находящихся в почве, те, которые находятся в благоприятных для прорастания условиях, проросли после обработки предыдущего года; положение же остальных не изменилось благодаря отсутствию весенней обработки, и поэтому растения этой группы также отходят на задний план. Группа озимых злаков, развитие которых осенью, после снятия последнего урожая, протекало в благоприятных условиях влажности, в первый год перелога сталкивается с большим недостатком воды в верхних слоях почвы, где преимущественно развивается их корневая система. Этот недостаток воды также представляет результат отсутствия весенней обработки — плотная почва не может быстро впитать воду атмосферных осадков, которая поэтому почти вся стекает по плотной поверхности поля. Поэтому и эта группа хотя и представлена большим количеством экземпляров, но образует лишь невысокие и слабо кустящиеся растения.

В совершенно иных условиях будут находиться растения третьей группы — двулетние других семейств, кроме злаков, образующие длинный стержневой корень в первый год своего развития; те же из них, которые образуют пучок мочковатых корней,

не будут отличаться в своем развитии от озимых злаков. Растения этой группы, обладающие длинным корнем — или одним веретенообразным, или несколькими, образующимися вследствие раннего ветвления главного корня,— совершенно не зависят в своем развитии от влажности верхних слоев почвы и обладают большим запасом пластического материала, накопленного ими в тех же корнях еще в год последней обработки почвы; поэтому эти растения и развиваются в первый год перелога, совершенно не стесняемые соперничеством растений других групп.

В совершенно таких же условиях находятся и растения пятой группы — многолетние глубококорневищевые сорняки, также не зависящие в своем водном режиме от влажности верхних слоев почвы и также обладающие большим запасом пластического материала, отложенного в их мясистых корнях.

Таким образом, первый год перелога — бурьянистый период — представляет собою густую заросль бурьянов или будяков, состоящих преимущественно из глубококорневых сложноцветных и зонтичных и многолетних глубококорневищевых сорняков, к которым в подчиненном количестве примешаны двулетние злаки, и второй нижний ярус которой составляют однолетние сорняки и пырей. Длительность существования этого первого бурьянистого периода зависит от способа хозяйственного использования перелога. Если перелог покрыт преимущественно несъедобными растениями, какими являются почти все представители его флоры, то длительная пастьба скота на нем не представляется возможной — скот пасут на нем «гоном», по дороге на лучшие пастбища, но часто бывают случаи, когда на перелоге развивается большое количество «молочая» Lactuca scariola L., который не следует смешивать с представителями рода Euphorbia, которые также носят название «молочаев», но которые представляют совершенно несъедобные растения; Lactuca же представляет лакомый корм для всякого скота, и в особенности такие перелоги разыскиваются для нагула бракованных волов. В этом случае пастьба на молочайном перелоге производится

длительно, в течение всего лета, так как Lactuca scariola легко отрастает, образуя молодые сочные побеги. В зависимости от степени интенсивности пастьбы и длительность бурьянистого перелога колеблется от одного года —в случае пастьбы на нем гоном до трех, пяти и даже большего числа лет в случае использования его как пастбища. Причина такой зависимости продолжительности периода бурьянистого перелога от интенсивности его использования в качестве пастбища вполне ясна. В первом случае, когда пастьба производится исключительно весной, когда скот поедает некоторые еще молодые побеги сорняков, которые делаются совершенно несъедобными ко времени их отцветания, спелые семена сорняков высыпаются на плотную сухую почву и остаются на поверхности ее в условиях, наихудших для прорастания, и большинство делается жертвой мышей и птиц, для которых семена сложноцветных, содержащие много масла, являются лакомой пищей. Поэтому на следующий год появляется лишь небольшое количество побегов, преимущественно многолетних глубококорневищевых сорняков, да и те быстро подавляются в своем развитии роскошным ростом пырея, который со второго года безраздельно завоевывает территорию перелога. Когда же происходит усиленная пастьба по перелогу, скот затаптывает большое количество осыпавшихся семян в почву, где они защищены от поедания мышами и птицами, и находят благоприятные условия для прорастания. Вследствие этого преобладание бурьянов продолжается и на следующие годы до тех пор, пока ослабевающая от беспрерывного поедания молодых побегов Lactuca scariola не исчезнет с перелога, и вследствие этого прекращается усиленная пастьба по перелогу; тогда на смену бурьяна, как и в первом случае, появляется пырей, который, однако, не так быстро овладевает перелогом и к которому в таких случаях в первый год всегда бывает примешано некоторое количество сорняков,преимущественно многолетних глубококорневищевых.

Причина, по которой пырей (а иногда и другой корневищевый злак — чаполоть Hierochloë odorata Wahlb.) так быстро

захватывает территорию, на которой он еще в предыдущем году влачил жалкое существование в виде жалких былинок, заключается в тех изменениях, которые претерпевает почва перелога после его освобождения от будяков.

Все двулетние и однолетние сорняки принадлежат к степной растительной формации, и все созданное ими органическое вещество кроме семян, отмирает в конце лета или начале осени, и вся масса их корневой системы начинает немедленно разлагаться под влиянием аэробного процесса, независимо от свойств окружающей их почвы, так как это разложение начинается с границы, где корень переходит в стебель и где приток воздуха не зависит от свойств почвы. Начавшись сверху еще в то время, как корень содержит еще значительное количество вегетационной воды, этот процесс разложения быстро распространяется вниз по корню, поддерживаемый на степени значительной интенсивности высокой температурой почвы и тем количеством воды, которая является необходимым продуктом этого разложения. Разложение идет так быстро, что уже через две недели органическое вещество корня оказывается совершенно разрушенным. Продукты аэробного разложения корня жадно впитываются почвой. Развитие стержневого корня двулетних сорняков начинается с очень тонкого корешка, который первое время усиленно развивается в длину, и только после того, как он достигает своей предельной глубины, и с поверхности почвы образуется достаточной величины листовая поверхность, начинаются усиленный рост корня в толщину и отложение в нем запаса пластического материала; при этом росте корни многих сорняков, особенно у семейства сложноцветных и зонтичных, достигают размеров 5—7 см в поперечнике. Понятно, что при таком утолщении корень во время своего развития должен оказывать колоссальное давление на окружающую его почву. Вследствие этого давления почва вокруг корня в значительной степени уплотняется, причем в поверхностных слоях, более сухих и, следовательно, труднее подвергающихся сжатию, ока-

зываемое корнем давление на почву находит себе исход в том, что почва вокруг корня приподнимается и растрескивается, образуя небольшой конус рыхлой почвы вокруг корневой шейки. В более глубоких слоях почва вследствие большой влажности отличается большой пластичностью, и поэтому она просто уплотняется, благодаря сближению своих частиц. Понятно, что величина давления корня на почву постепенно затухает по мере удаления от корня, погашаясь величиной трения частиц почвы друг о друга при их сближении и, вследствие этого максимальное уплотнение почвы происходит в области, непосредственно окружающей корень, где промежутки между частицами почвы будут наименьшими и все без исключения волосными, и по мере удаления от периферии корня промежутки почвы будут делаться все шире. Среди продуктов аэробного разложения корней будяков и будет гуминово-аммиачная соль, которая немедленно после своего образования и растворения будет жадно впитываться стенками почвы, окружающими корень, и так как все промежутки их обладают высокой степенью волосности, раствор этой соли будет пропитывать всю окружающую почву, не оставляя места для воздуха, или, другими словами, здесь создадутся условия анаэробиозиса, поддерживаемого еще тем, что аэробное разложение массы корня будет поглощать весь кислород притекающего воздуха. При таких условиях аммиак гуминово-аммиачной соли будет разрушен с выделением свободного азота, а гуминовая кислота, выделяющаяся при этом процессе в нерастворимом в воде состоянии, отложится между элементами почвы, придав стенкам отверстия, в котором развивался корень, как значительную связность вследствие отложения коллоидального вещества гуминовой кислоты, так и значительную прочность, т. е. способность сопротивляться размывающему действию воды. Кроме гуминово-аммиачной соли, те же уплотненные стенки впитают и все другие продукты аэробного разложения органического вещества корневой системы сорняков, а так как все сорняки с толстыми корнями, сильно уплотняющими почву, которая по-

этому упорно удерживает чисто механически все впитавшиеся в ее тонкие волосные промежутки вещества, обладают и глубоко проникающими в почву корнями, то происходит и значительное обогащение поверхностных слоев почвы элементами зольного питания растений, почерпнутыми из глубоких слоев почвы и рухляковой породы. Кроме того, происходит и значительное обогащение почвы азотом, так как среди сорных растений бурьянистого периода перелога видную роль играют донники, у которых корни в верхней части нередко достигают 2—3 см в диаметре. Вещества, впитавшиеся в почву периферии отверстий, оставленных толстыми корнями, удерживаются почвой с большим упорством, так как из волосных промежутков почвы вследствие ее чрезвычайной плотности никогда не может установиться ток жидкости, направляющийся от них, ибо они окружены более широкими капиллярами и всегда притягивают воду к себе.

Вследствие всей совокупности этих условий пырей начинает проявлять усиленную деятельность уже с осени года отмирания будяков и развивает чрезвычайно обильные корневища и массу укороченных побегов в трещинах почвы, образовавшихся вокруг корневых шеек бурьянов. Осенние дожди и весеннее таяние снега снабжают почву такого перелога обильнейшим количеством воды, так как буквально вся масса воды, как бы велика она ни была, немедленно, как в решето, исчезает с поверхности почвы в корневые отверстия, которыми пронизана вся почва перелога и оттуда медленно впитывается стенками этих отверстий. Это быстрое усвоение всей массы весенней воды почвой и впитывание ею вместе с водой и всего количества минеральных продуктов аэробного разложения органического вещества является причиной полного отсутствия в первые годы пырейного периода перелога весенних эфемеров; зато под влиянием обильного запаса воды и неограниченного притока кислорода вместе с избытком азотного и зольного питания пырей в следующий же за бурьяновым периодом год покрывает перелог сплошным гус-

тым травостоем, который заглушает своим мощным развитием все остатки сорной растительности, включая и побеги глубококорневищевых многолетних сорняков, которые, заглушаемые из года в год, через два-три года истощают все запасы своих корней, не будучи в состоянии возместить их вследствие того, что ежегодно пырей заглушает их вегетативные органы.

Господство пырея на перелоге продолжается пять-семь лет, и первые два-три года урожаи его продолжают расти, достигая огромной величины, 8000—12000 килограммов на гектар, но уже с третьего года своего господства травостой пырея начинает постепенно изреживаться, появляется все возрастающее количество весенних эфемеров, и пырей постепенно «вырождается», уступая территорию перелога новому сообществу «тонконогов», и перелог переходит в разряд молодых твердых перелогов.

Причины смены растительного сообщества пырейного периода заключаются в биологических особенностях развития самого пырея как корневищевого злака — в развитии дернового процесса, но они несколько иные, чем причины, заставляющие корневищевые лесные злаки в дерновоподзолистой зоне уступить свои места рыхлокустовым злакам. В последнем случае этой причиной было исчезновение рыхлого мертвого лесного покрова почвы и оседание и уплотнение лишенной связности и прочности подзолистой почвы после разложения поверхностных корней древесной растительности, поэтому вследствие быстроты этого последнего процесса и период господства корневищевой флоры лесных злаков отличается значительной краткостью, он продолжается не более двух-трех лет. На черноземе этот период тянется дольше, пять-семь лет, изредка до десяти лет вследствие того, что черноземные почвы отличаются значительной связностью и поэтому легче приобретают свойство прочности. Причина связности черноземов заключается не в содержании в них глины — водной алюмокремневой кислоты, которой они, как производные подзолов, большей частью совсем не содержат или содержат очень мало, а в содержании большого количества

аморфного перегноя и мельчайшей окиси железа, которые, вследствие своего тонкого измельчения и чешуйчатой формы частиц, исполняют функции глины, придавая чернозему значительную степень связности.

В первые годы своего господства пырей развивает корневища на довольно значительной глубине, 10—15 см, вследствие того, что в отсутствие обработки распыленная почва перелога давлением корней мелкоукореняющихся озимых сорняков, обладающих мочковатыми корнями, разбивается на отдельности, которые уже в первый год приобретают некоторую прочность вследствие разложения аморфного перегноя, в них содержащегося. Но уже после отмирания первого поколения корневищ пырея, которое происходит глубокою осенью, те же комки сильно обогащаются свежеобразовавшейся аморфной гуминовой кислотой, и прочность комков вследствие этого сильно возрастает и продолжает беспрерывно расти, из года в год. Рядом с процессом приобретения черноземной почвой прочной комковатой структуры, благодаря тому, что почва во всех направлениях пронизывается корневищами и корнями пырея, одновременно протекает и другой процесс отложения между комками почвы мертвого органического вещества — остатков корневищ и корней того же пырея, и очевидно, что чем сильнее будет развитие пырея, тем большее количество мертвых остатков будет он оставлять на месте своего развития. Непосредственное наблюдение показывает, что наиболее интенсивное развитие корневищ и побегов пырея происходит вокруг глубоких вертикальных отверстий, оставленных будяками в почве перелога; причины этого явления понятны, так как именно вокруг этих отверстий сосредоточивается и наибольшее количество воды, и изобильная зольная и азотная пища, и свободный приток кислорода. Но так как мертвые растительные остатки пырея, как растения луговой растительной формации, разлагаются преимущественно анаэробным путем, то из года в год во всех промежутках между комками почвы и особенно в отверстиях, оставленных корнями будяков,

накопляется прогрессивно увеличивающееся количество органических остатков, и уже на пятый или шестой годы господства пырея все промежутки почвы оказываются сплошь заполненными мертвыми органическими остатками.

Начиная с этого момента все условия водного и питательного режима черноземной почвы коренным образом меняются, и так как эти изменения накопляются постепенно и при этом не благоприятствуют развитию корневищевых злаков, то и пырей, уже начиная с третьего года своего господства на перелоге, становится более изреженным, достигает все меньшей степени развития, и, наконец, совсем исчезает с занятой им территории. Изменение водного режима обусловливается накоплением массы мертвого органического вещества в поверхностном горизонте почвы. Благодаря своей способности увеличиваться в объеме при увлажнении и делаться в таком состоянии непроницаемым для воды, это органическое вещество начинает во все более сильной степени препятствовать проникновению осенней влаги в почву, таяние же снегового покрова совершается при условиях полного насыщения этого органического вещества водой и, следовательно, полной непроницаемости его для воды. Поэтому количество воды, накопляющейся весной на поверхности почвы и стекающей по ее уклону, прогрессивно растет. Очевидно, что в это время, равно как и осенью, в почве господствуют условия анаэробиозиса, и развитие побегов пырея сильно задерживается. Растворенные в весенней воде питательные вещества — продукты поверхностного аэробного процесса разложения органического вещества не могут быть усвоены корнями пырея, так как эти вещества не могут проникнуть в непроницаемую для воды почву, и под влиянием этих двух условий — задержки весеннего развития пырея и содержания богатой минеральной пищи в воде, пропитывающей самые поверхностные горизонты почвы, начинается появление на пырейном перелоге весенних эфемеров, количество которых с каждым годом растет. Число видов эфемеров очень велико, и оно в сильнейшей степени еще возрастает, благодаря способ-

ности многих растений в условиях наступающей засухи быстро сокращать период своего развития и немедленно переходить к стадии цветения и созревания плодов. Наиболее часто встречающиеся в условиях чернозема и почв полупустыни эфемеры следующие: Poa bulbosa L., Gagea pusilla Roem. et Schult., Allium margaritaceum Sibth. et Sm., A. obliquum L., A. delicatulum Siewers., A. tataricum L., A. flavum L., A. globosum Red., Fritillaria Karelini Baker., Tulipa Schrenkii Rgl., T. suaveolens Roth., T. patens Agardh., T. Biebersteiniana R. et Sch., Ornithogalum tenuifolium Guss., O. narbonense L., Hyacinthus leucophaeus Stev., H. ciliatus Cyrill., Iris spuria L., I. pumila L., Crocus susianus Ker., C. biflorus Mill., C. banaticus Heuffel., C. sativus L., Ceratocarpus arenarius L., Silene otites Sm., Gypsophila Gmelini Bunge., G. paniculata L., G. altissima L., G. muralis L., Paeonia tenifolia L., Delphinium hybridum Willd., Anemone pulsatilla L., Clematis integrifolia L., C. orientalis L., Ranunculus orthoceras Benth. et Hook., R. falcatus L., R. oxispermus M. B., R. illiricus L., Adonis vernalis L., Papaver rhoeas L., P. dubium L., Lepidium draba L., L. perfoliatum Roem. et Schult., Crambe aspera M. B., Camelina microcarpa Andrz., Draba nemorosa L., D. verna L., Erysimum cheiranthoides L., Alyssum minimum Willd, A. calycinum L., A. linifolium Steph., Malcolmia contortuplicata Boiss., Hesperis tristis L., Chorispora tenella D. C., Potentilla bifurca L., Medicago minima Bartol., M. lupulina L., Astragalus hamosus L., A. reticulatus M. B., Vicia hirsuta G. Koch., Geranium tuberosum L., Linum flavum L., L. hirsutum L., L. perenne L., Peganum harmala L., Tribulus terrestris L., Dictamnus albus L., Euphorbia glareosa M. B., E. praecox Fisch., E. sareptana Becker., E. undulata M. B., Hypericum elegans Steph., Viola ambigua W. et K., Eryngium campestre L., Cachrys odontalgica Pall., Trinia Kitaibelli M. B., Falcaria vulgaris Bernh., Seseli libanotis Koch., S. tortuosum L., Silaus Besseri D. C., Ferula orientalis L., Peucedanum ruthenicum M. B., Pastinaca graveolens M. B., Daucus

carota L., Lappula tenuis Cürke., Ajuga Chia Schreb., Salvia pratensis L., S. nutans L., Verbascum phoeniceum L., Asperula glauca Bess., Valerianella tridentata Kess., Dipsacus Gmelini M. B., Cephalaria uralensis R. et Sch., Scabiosa ochroleuca L., S. ucrainica L., Campanula simplex Stev., Phyteuma canescens W. K., Aster villosus Benth. et Hook., A. divaricatus Schmalh., A. sedifolius L., A. amellus L., Inula hirta L., I. germanica L., Achillea Gerberi M. B., Chrysanthemum millefoliatum L., Echinops ritro L., Centaurea ruthenica Lam., C. picris Pall., C. trichocephala M. B., C. arenaria M. B., C. orientalis L., Tragopogon ruber L., T. major Jacq., Scorzonera mollis M. B., S. hispanica L., S. purpurea L., Chondrilla juncea L., Crepis rigida Waldst. et Kit., C. foetida L.

Вследствие соперничества этой весенней флоры, быстро использующей влагу, запасенную весной поверхностными слоями почвы перелога, пырей, когда наступает возможность проникновения кислорода воздуха в почву, уже поставлен в условия невозможности развития значительной зеленой массы вследствие недостатка воды, и травостой его все более изреживается. Накопленное им мертвое органическое вещество также поглощает значительное количество кислорода, и корневища пырея принуждены с каждым новым поколением приближаться к дневной поверхности почвы, где они попадают в условия резких колебаний влажности, причем благоприятные условия последней неминуемо совпадают с условиями анаэробиозиса.

Все эти условия приводят к окончательному исчезновению пырея и замене его сообществом рыхлокустовых злаков или тонконогов; к числу их относятся Koeleria Delavignii Czern., K. gracilis Pers., Agropyrum cristatum Bess., A. sibiricum Eichw., Phleum Boehmeri Wib. и Bromus erectus Huds. Тонконоги обладают гораздо более глубокой и чрезвычайно разветвленной корневой системой по сравнению с пыреем, что находится в полном соответствии с значительным понижением содержания воды в почве перелога и с таким же падением содержания в ней рас-

творимых в воде минеральных соединений элементов зольной пищи и азота, и для покрытия своих потребностей в этих элементах новые представители флоры перелога должны охватить уже гораздо большие объемы почвы. Что касается уменьшения количества минеральной пищи в почве перелога, то оно зависит от перехода больших количеств ее в состояние органического вещества растительных остатков пырея. Несмотря на лучшую приспособленность биологических свойств тонконогов к новым условиям перелога, они все-таки никогда не образуют сомкнутого травостоя, так как весной при наиболее благоприятных условиях прорастания и роста поверхность перелога бывает покрыта густым покровом широколиственных эфемеров, которые угнетают развитие новых индивидуумов злаков; когда же в конце весны и в начале лета эфемеры кончают свое развитие и надземные органы их отмирают, запас воды верхних слоев почвы настолько ими исчерпан, что в сухой почве развитие новых индивидуумов злаков неосуществимо. Поэтому между отдельными кустами тонконогов всегда летом видна поверхность почвы, свободная от растительности.

Все перечисленные тонконоги принадлежат к типу рыхлокустовых злаков, подземные побеги которых быстро загибаются вверх и образуют новые узлы кущения непосредственно под поверхностью почвы. Узлы кущения развивают во время осеннего влажного периода немногочисленные укороченные листья, которые зимуют и весной продолжают свое развитие, но быстрое наступление недостатка воды обусловливает отмирание большинства листьев, и благодаря тем же условиям развития, при наличности лишь предельного количества воды, выработался тип злаков, образующих плодоносящие стебли, снабженные лишь малым количеством и очень небольших стеблевых листьев, отчего и произошло их народное название «тонконогов».

Корни тонконогов приспособлены к усвоению окисленных минеральных соединений зольных элементов их пищи и азота, но вследствие скудости образования таких соединений в зависимо-

сти от недостатка воды и перерыва условий господства аэробиозиса условиями анаэробиозиса, наступающими после каждого выпадающего дождя вследствие набухания поверхностного горизонта, пронизанного мертвым органическим веществом, эти растения принуждены развивать глубокую и чрезвычайно ветвистую корневую систему, могущую охватить большой объем почвы, необходимый для питания их скудной зеленой массы.

Очевидно, что после ежегодного отмирания всей этой глубокой и сильно разветвленной корневой системы мертвое органическое вещество в почве начинает накопляться не только в поверхностных ее слоях, где сосредоточены побеги злаков, но и во всей толще ее, пронизанной корнями тонконогов. Вследствие такого накопления органических остатков масса почвы оказывается скоро пронизанной во всех направлениях бесчисленным количеством трубочек, сохранивших мертвые остатки корней. Этим создадутся двоякого рода условия: 1) почва будет разбита корневыми трубочками на бесчисленные комки с частично уплотненными стенками; эти комки будут лишь как бы намечены, но еще сохраняют сначала взаимную связь; 2) с другой стороны, бесчисленные корневые трубочки создадут целый лабиринт взаимно пересекающихся поверхностей наименьшего сопротивления. В результате всего комплекса создавшихся условий при набухании органического вещества, заключенного в корневые трубочки, при всяком его увлажнении почва под давлением этого органического вещества распадается на структурные отдельности—комки, которые, пропитанные гуминово-аммиачной солью, приобретают значительную прочность вследствие отложения гуминовой кислоты, выделяющейся при разложении этой соли. Образующаяся комковатая масса почвы не обладает рыхлостью залегания, ибо все промежутки между комками забиты мертвым органическим веществом и связываются живыми корнями. Процесс накопления органических остатков развивается, прогрессивно нарастая, и приводит к неизбежным последствиям, которые уже проявлялись при господстве пырея — запас воды

в почве становится все меньше, пребывание ее в почве становится все более эфемерным, количество зольных элементов в состоянии минеральных соединений становится все меньше, зато растет количество их, связанное с органическим веществом, и содержание минеральных соединений азота в почве достигает своего минимума. Новые условия вызывают целый ряд последствий. Урожаи тонконогов все падают: вместо 3500—2500 кг на гектар, они постепенно падают до 1500—1200 кг с гектара, и угодие из сенокосного переходит в разряд пастбищных; все более пышно развиваются поколения весенних эфемеров, появляется новый член сообщества — осенняя многолетняя флора перелогов и степей. Растения, входящие в состав этой осенней флоры многолетников, состоят из растений очень многолетних, продолжительность жизни которых измеряется десятилетиями, а для наиболее резко выраженных представителей, например, для кермеков Statice и полыней Artemisia, даже столетиями.

Все растения осенней флоры перелогов, за немногими исключениями (Trifolium montanum, Lotus corniculatus, Coronilla varia), представляют растения полудеревянистые, обладающие многолетними деревянистыми основаниями побегов, дающими ежегодно отмирающие травянистые побеги, причем у некоторых мы наблюдаем деревянистую корневую шейку (Medicago, Oxitropis, Onobrychis и многие Astragalus'ы). Корневая система этих растений состоит из одного, редко сразу ветвящегося (Trifolium, Coronilla, реже Medicago и Astragalus), многолетнего стержневого корня, часто достигающего у корневой шейки 10—15 см в диаметре (Lotus, Statice, Artemisia, Jurinea) и простирающегося на глубину 2—5—7 и даже 10 метров (Artemisia, Statice, Goniolimon). Корень этих растений несет обыкновенно мелкие разветвления лишь на своем глубоком конце. Кроме того, из корневой шейки этих растений каждую весну развиваются ежегодно отмирающие многочисленные недлинные (10—25 см) горизонтальные обильно разветвленные придаточные корни. Развитие этой осенней флоры начинается

с самой ранней весны, одновременно с весенними эфемерами. В это время развивается мощная розетка прикорневых листьев, успешно борющаяся за пространство с весенними эфемерами. Усиленное развитие в это время поверхностных придаточных корней ясно говорит за то, что эти растения являются соперниками эфемеров и в смысле использования весеннего количества зольных элементов и азота, которыми изобилуют в это время поверхностные горизонты почвы. Водный режим этих растений и отчасти их зольное питание основаны на запасе воды глубоких горизонтов материнской породы, часто на грунтовой воде, уровня которой они сплошь и рядом достают своими глубокими корнями, и таким образом в своем водном режиме они совершенно не зависят от метеорологических условий и от состояния влажности верхних горизонтов почвы. К числу таких растений принадлежат: Medicago falcata L., M. cancellata M. B., M. sativa L., Trifolium montanum L., Lotus cornicuilatus L., Oxytropis glabra D. C., O. floribunda D. C., Astragalus sulcatus L., A. glycyphyllos L., A. longiflorus Pall., A. vulpinus Willd., A. falcatus Lam., A. asper Jacq., A. austriacus L., A. onobrychis L., A. physodes L., A. testiculatus Pall., A. subulatus M. B., A. virgatus Pall., Coronilla varia L., Onobrychis viciaefolia Scop., Goniolimon tataricum Boiss., G. graminifolium Boiss., G. elatum Boiss., Statice Gmelini Willd., S. caspia Willd., Artemisia pauciflora Web., A. maritima L., Cousinia wolgensis C. A. Mey., Jurinea linearifolia D. C., J. staechadifolia D. C., J. mollis Rchb.

Благодаря особенностям своего водного режима эти растения не стоят пред необходимостью спешить со своим развитием, и поэтому, использовав осенний и весенний приток зольных питательных веществ и минеральных соединений азота, образовав в это время мощную листовую поверхность и отложив запас пластических веществ в своих могучих корнях, они начинают развивать стеблевые органы лишь в начале лета, и многие из них переходят в стадию цветения лишь в конце летнего периода,

захватив и начало осени. В это время, когда вся другая растительность перелога уже отжила и выгорела, они поражают наблюдателя своей сочностью и мощью своего развития. В связи с критическим недостатком в минеральных соединениях азота — результатом начинающего преобладать анаэробиозиса в поверхностных горизонтах почвы — обращает на себя внимание начинающееся уже с этого периода перелога преобладание бобовых в этой группе растений.

Накопление мертвого органического вещества, прогрессирующее с каждым годом, должно неминуемо вызывать и прогрессивное обеднение почвы минеральными соединениями зольных элементов и азота в почве перелога, и как яркая иллюстрация этого обеднения служит появление микоризы на корнях рыхлокустовых злаков к концу периода их господства на перелоге; но так как воздухоносная ткань корней этих растений выражена несовершенно, то и явление симбиотического сожительства грибов и злаков может появиться лишь на самых поверхностных частях корней последних, углубляясь не более как на 5 см в глубину почвы. Надо полагать, что мицелий грибов поселяется на корнях злаков не в силу обеспеченности притока необходимого ему кислорода, а вследствие большого здесь постоянства условий влажности, необходимой для развития мицелия.

Угнетаемые суровыми условиями зольного и азотного питания, равно как и критическим недостатком воды в почве, для успешной борьбы с которым тонконоги не обладают достаточно мощными приспособлениями, они принуждены уступить занимаемую ими территорию другому типу растений, более приспособленных к создавшимся условиям. Таким растением является «типец», или «типчак», или «кипчак» Festuca ovina L. и Festuca sulcata Hackel., который и занимает перелог после 7—10-летнего господства на нем тонконогов.

Типец принадлежит к плотнокустовым микотрофным злакам с чрезвычайно сильно выраженными приспособлениями для

регуляции испарения. Кроме того, вследствие обычно гораздо более редкого расположения его кустов на поверхности перелога, испарение им воды достигает с поверхности гектара минимальной величины. Изреженность травостоя типца не является, впрочем, обязательным признаком типцового перелога и при благоприятных летних условиях типец может образовать сомкнутый травостой, образуя прикорневые листья длиною до 30 см, допускающие даже сенокошение, как это практикуется, например, в Кустанайском уезде Тургайской области. Но обычно типцовые перелоги используются, как пастбищные угодия, и особенно важную роль они играют при зимней пастьбе лошадей и скота, так как листья обильных укороченных побегов типца вследствие их многолетности сохраняются в течение всей зимы, тогда как большинство прикорневых листьев тонконогов, не имея достаточно развитых приспособлений для уменьшения испарения, выгорают к осени, а у ковылей вся масса листьев ежегодно к зиме отмирает.

Корневая система типца не проникает глубоко в почву, и его зольное и азотное питание основано на использовании органического вещества верхних горизонтов почвы до глубины приблизительно в 20—25 см. Типцовый период перелога длится очень долго, 10—20—30 лет и даже больше. Сам типец представляет растение, продолжающее размножаться вегетативно очень долго, и кусты типца также могут достигать 10—15-летнего возраста. За этот продолжительный срок существования в массе плотного куста типца накопляется очень большое количество мертвого органического вещества, и новые побеги его принуждены закладывать свои узлы кущения все выше и выше, и в результате этого явления микрорельеф поверхности почвы перелога утрачивает свою прежнюю ровность. Правда, не образуется кочек, подобно кочкам той же овечьей овсяницы на лугах более северных широт, но все же вокруг каждого куста типца образуется заметное повышение почвы. Отсутствие кочек надо, повидимому, приписать влиянию пастьбы на таких

перелогах, а также деятельности огромного количества червей и личинок насекомых, находящих в переполненной органическими остатками почве обильную пищу. Под влиянием типца на поверхности перелога накопляется горизонт органического вещества, резко отличающийся от подстилающей его почвы своим светлым коричнево-бурым цветом и сложением, состоящим из тонких слоев органических остатков. Подстилающая этот горизонт почва уже окончательно дифференцировалась на отдельные комочки, связанные между собой массой мертвого органического вещества, заполняющего все промежутки между комками почвы.

В таком состоянии почва лишается в полной мере своих первоначальных свойств и принимает новый комплекс их — свойства мертвого органического вещества. Из этих последних доминирующим значением отличаются отношения к воде. Влагоемкость почвы возрастает до предела ее природного выражения, и неразрывно с нею достигает предела и выражение волосных свойств почвы — все промежутки ее делаются волосными, и быстрота волосного движения воды в почве достигает своего минимума, достигающего практической неподвижности воды в почве. Рядом с этим достигает максимума своего выражения и способность почвы увеличиваться в объеме при увлажнении и уменьшаться при своем высыхании. Также возрастает и величина мертвого запаса воды в почве, и уже при содержании в такой почве 50 весовых % воды, она становится физиологически сухой, и растения не могут использовать этого количества воды.

В результате всего комплекса этих свойств почва весной покрывается слоем капельно-жидкой снеговой воды, стеканию которой препятствуют неровности микрорельефа. Но это вода не в состоянии проникнуть в массу почвы, благодаря непроницаемости поверхностного горизонта органического вещества, и на основе этого избытка воды, содержащего в растворе все продукты аэробного разложения поверхностных растительных остатков, перелог покрывается пышным ковром весенних эфе-

меров; но кончается короткая весна, отцветают и приносят плоды эфемеры, отживают их надземные органы, и на перелоге остаются лишь изреженные типцы и осенние глубококорневые растения. Последние, независящие в своем водном режиме от состояния влажности верхних слоев почвы, продолжают свое медленное развитие, типец же весьма скоро принужден прибегнуть к содействию всех своих приспособлений для уменьшения испарения. Поверхность почвы быстро высыхает, и вследствие сокращения объема органического вещества поверхность перелога уже в начале лета покрывается трещинами. Благодаря тому, что все комки почвы разделены друг от друга органическим веществом, поверхностные трещины, облегчая высыхание нижележащих слоев, углубляются и обращаются в зияющие глубокие щели, быстро помогающие иссушению верхних слоев до предела мертвого запаса воды в почве. Короткие летние ливни почти не влияют на влажность верхних слоев почвы, выпавшая вода быстро проникает в трещины почвы, раньше чем они в состоянии сомкнуться вследствие медленности передвижения воды в органическом веществе поверхности почвы. Только длительные периоды ненастья могут до известной степени восполнить недостаток воды в верхних горизонтах почвы типцового перелога. Осенние мелкие затяжные дожди лишь в незначительной степени восполняют недостаток воды, так как они не дают возможности образования поверхностной капельно-жидкой воды, проникающей в трещины, и под влиянием медленного притока воды поверхностные трещины смыкаются, и прекращается дальнейшее проникновение воды в массу почвы.

Вследствие всех этих условий у типцов выработались не только приспособления для сокращения испарения во всякий необходимый момент, но и свойства, ставящие их чрезвычайно близко к эфемерам — способность заканчивать период летней вегетации — образование удлиненных стеблей, цветение их и созревание плодов в очень короткий срок, так что к концу мая, самое позднее к началу июня, летний период развития

типцов заканчивается, и они представляют уже пожелтевшие кусты, в которых отмерло и большинство укороченных побегов. Только с наступлением осеннего влажного периода вновь просыпаются к деятельности типцы и успевают к зиме вновь образовать большое количество прикорневых листьев и укороченных побегов, которые и определяют его высокое качество, как зимнего пастбищного растения.

С прогрессивно возрастающим накоплением поверхностного органического вещества условия жизни типца в смысле его водного режима становятся все хуже, и, повидимому, здесь роль принадлежит исключительно водному режиму, так как химический анализ показывает, что содержание зольных элементов питания растений и азота беспрерывно растет в поверхностных горизонтах почвы, насквозь пронизанных органическим веществом. Типец постепенно изреживается во все возрастающей степени, и типцовый перелог постепенно переходит в ковыльную степь.

Ковыли, сменяющие типцы — Stipa capillata L., S. pennata L., S. lessingiana Trin. et Rupr., представляют также плотнокустовые микотрофные злаки. Их резкое отличие по биологическим особенностям от типцов заключается в характере их корневой системы, которая у них представлена одним корнем у каждого побега, причем длина каждого корня достигает 70—100 см. Корни ковыля представляют толстые, 1,5—2 мм в диаметре, цилиндрические образования, почти без разветвления или дающие короткие побочные ветки; по всей своей длине эти корни изогнуты многочисленными короткими коленцами вследствие их развития между гранеными структурными отдельностями почвы. Водное питание ковылей основано на использовании запасов воды глубоких слоев почвы, проникновение которой в эти горизонты было подробно разобрано выше. Зольное и азотное питание основано на использовании органических остатков при посредстве микотрофных корней. Вероятно, вследствие простой схемы устройства своих корней, быстро ис-

черпывающих запасы пищи в непосредственно окружающей их почве, так как они усваивают лишь нерастворимые ее соединения, кусты ковылей не отличаются долговечностью и через 5—7 лет существования отмирают и заменяются новыми кустами, развивающимися уже в другом месте. Ковыльный же период степи отличается, повидимому, неопределенной продолжительностью существования.

Отдельные члены сообщества ковыльной степи те же, какие мы уже видели в других стадиях развития дернового процесса в лугово-степной и степной зонах, — это весенние эфемеры и осенние глубококорневые растения. Развитие тех и других достигает здесь своего апогея, и по мере перехода к степной зоне все большее значение приобретают полыни. Кроме того, в ковыльной степи появляется еще новый член сообщества: деревянистые низкорослые кустарники — Salix repens L., Spiraea hypericifolia L., S. crenifolia C. A. Mey., Prunus nana Stokes., P. fruticosa Pall., Atriplex canum C. A. Mey., Camphorosma monospeliacum L., C. ruthenicum C. A. Mey., Genista tinctoria L., Caragana frutex C. Koch., Glycyrrhiza glabra L., G. uralensis Fisch., G. aspera Pall., Alhagi camelorum Fisch.

Причина появления и дальнейшего процветания, доходящего часто до преобладания в составе флоры, этих новых членов сообщества ковыльной степи для меня еще не ясна, но она, повидимому, представляет результат очень сложного взаимоотношения между различными биологическими элементами степи, в которых немаловажную роль играет и животное население степи в лице многочисленных ее подземных обитателей — грызунов.



## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

*Регрессивный период дернового почвообразовательного процесса на внепойменных элементах рельефа.*

***Внешние признаки начала регрессивного периода дернового процесса. Автотрофно питающееся разнотравие. Появление кустарниковой и древесной растительности. Автотрофная флора кустарников. Флора осоково травяного болота. Кочкообразующие осоки. Зеленые мхи. Появление микотрофных зеленых мхов. Зеленомоховое болото. Распределение растительных сообществ по элементам рельефа зеленомохового болота. Функции различных групп членов растительного сообщества зеленомохового болота в механизме питания всего комплекса флоры болота. Последствия водного режима почвы болота. Основные биологические свойства зеленых мхов. Отсутствие корневой системы у мхов. Совмещение абсорбционной и ассимиляционной систем у мхов. Механизм зольного и азотного питания зеленомохового болота. Внешние изменения зеленомохового болота, определяемые возрастом его. Появление сфагнума. Группы членов растительного сообщества сфагнового болота. Биологические особенности сфагновых мхов. Механизм зольного питания сфагнума. Болотная сосна. Кустарниковая и полукустарниковая флора сфагнового болота. Элементы рельефа сфагнового болота. Периферическая зона его. Центральная область сфагнового болота. Тальвеги сфагнового болота. Область вымывания и вмывания. Распределение различных биологических элементов растительного сообщества сфагнового болота по элементам его рельефа Причина слоистости сфагнового торфа. Сосновый период. Период преобладания травянистой автотрофной флоры. Сфагновый период. Период преобладания кустарниковой и травянистой микотрофной флоры. Повторяемость этих периодов. Различные периоды на тальвегах сфагнового болота. Появление насекомоядных растений. Их участие в зольном и азотном питании всего комплекса флоры сфагнового болота. Появление лишайников. Разрушение биологического покрова болота. Образование болотных озер. Конец эволюции сфагнового болота***

* * *

Мы видели, что конец прогрессивного периода развития дернового процесса знаменуется ослаблением жизнедеятельности плотнокустовых симбиотрофных злаков под влиянием прогрессивно обостряющегося недостатка в элементах зольного питания и азота. Под влиянием такого ослабления развития плотнокустовых злаков в их травостое начинают появляться новые группы растений, которые ранее не могли поселиться на той же территории луга, несмотря на лучшие условия питания, благодаря пышному развитию плотнокустовых злаков, не допускавших соперничества других растений за немногими исключениями, о которых мы упоминали в прошлой главе. Такими растениями являются микотрофные представители той флоры, которая уже ранее входила в состав флоры луга пред тем, как на нем обозначилось преобладание господства симбиотрофных плотнокустовых растений; это главным образом орхидейные, которые в лице Orchis incarnata L., O. morio L., Gymnadenia conopea R. Br., Herminium monorchis R. Br., Epipactis palustris Crants. вновь появляются в большом количестве среди ослабленных в своем развитии плотнокустовых злаков. Рядом с ними появляются рассеянные в изобилии и другие представители травянистой флоры перегнойных почв — Pedicularis palustris L., Sanguisorba officinalis L., Lythrum virgatum L., L. salicaria L., Valeriana officinalis L., усиливается развитие микотрофного злака Holcus lanatus L., островки которого делаются шире, и резко начинают выделяться автотрофные растения, развивающиеся на основе аэробного разложения поверхностного горизонта органических остатков Eriophorum polystachium L., E. latifolium Scop., Scirpus silvaticus L., Heleocharis palustris R. Br., Juncus compressus Jacq., J. filiformis L., J. effusus L., Stellaria palustris Ehrh., S. uliginosa Murr., Ranunculus flammula L., R. repens L., R. acer L., Thalictrum angustifolium Jacq., Cardamine pratensis L., Geum rivale L., Potentilla palu-

stris Scop., Geranium palustre L., Viola uliginosa Bess., V. palustris L., Myosotis palustris Roth., Scutellaria galericulata L., Stachys palustris L., Galium palustre L., G. uliginosum L., Gnaphalium uliginosum L., Bidens tripartites L., Cirsium palustre Scop., Sonchus palustre L.

Но главным и новым явлением на таком отмирающем лугу и зарождающемся болоте представляется появление нового члена, характеризующего начало нового — регрессивного периода развития всего процесса, это — массовое появление деревянистой кустарниковой растительности, представленной ивами Salix pentandra L., S. cinerea L., S. repens L., S. nigricans Sm., S. viminalis L., S. lapponum L., S. purpurea L., S. triandra L., равно как и невысокой древесной растительностью: ольхой Alnus glutinosa Gärtn. и березой Betula humilis Schrank., B. pubescens Ehrh. Новый член, характеризующий начало болотного периода, распадается на две группы. Первая характеризуется чрезвычайно длинными корневищами и к ней принадлежат ивы. Благодаря сильному развитию корневищ ивы охватывают большой объем мертвого органического вещества и своими многочисленными корнями, снабженными микоризой, в состоянии обеспечить процветание своих невысоких надземных органов даже в среде, бедной содержанием зольных элементов и азота. К этому присоединяется еще и способность ив приспособляться к нарастанию слоя мертвого органического вещества. По мере погребания их полулежачих восходящих стеблей, эти последние образуют массу новых корней из спящих почек и новые подземные побеги, так что по мере нарастания массы органического вещества болота группы ив разрастаются все шире во всех направлениях. Вторая группа, обнимающая собой черную ольху и болотные березы, не обладает корневищами, но имеет чрезвычайно длинные и неглубоко расположенные корни и обладает способностью образовывать побеги от корневой шейки, так что по мере погребания последней нарастающим органическим веществом на месте погибающих стеблей

образуются несколько новых и часто все растение в этих условиях приобретает характер невысокого куста.

Роль кустарниковой флоры болота состоит в том, что ее представители, охватывая своей широко раскинутой корневой системой, проникающей вместе с тем и на значительную глубину, большой объем органического вещества, влияют гораздо интенсивнее в смысле исчерпывания содержащихся в нём зольных элементов и азота, и переносят эти вещества в свои надземные органы и обогощают верхние горизонты болота вследствие ежегодного опадения и отмирания части этих органов. Принадлежность этих растений к группе деревянистых вызывает появление специфической флоры, резко распадающейся на две группы. В тех случаях, когда на болоте преобладают ивы, располагающиеся большей частью группами и куртинами, и остальные члены также располагаются неравномерно на поверхности болота — одна группа растений располагается среди чащи ив и на опушке куртины, другая занимает свободные промежутки болота, незанятые ивами. В том же случае, когда деревянистая флора болота представлена преобладающим образом видами берёзы или ольхой, эти деревья обычно располагаются по поверхности болота в виде равномерного, большей частью изреженного покрова невысокого леска — в случае преобладания Betula humilis — или настоящего леса — в случае преобладания черной ольхи или пушистой березы. В этом случае и остальные группы растений болота — его травянистая флора — располагаются в виде равномерного покрова, содержащего всегда представителей обеих ее групп.

К первой группе травянистой флоры рассматриваемой стадии развития болота принадлежат автотрофно питающиеся растения, отличающиеся высоким ростом, позволяющим им развиваться среди кустарниковой флоры ивнякового болота и не быть заглушенными этими деревянистыми растениями. Они развиваются на основе обильного зольного питания, являющегося

результатом аэробного разложения мертвых органических остатков, ежегодно происходящих вследствие отмирания части надземных органов деревянистой кустарниковой флоры, которые могут разлагаться только под влиянием грибов. Среди этой флоры особенно выделяется группа высокорослых зонтичных — Peucedanum palustre Moench., Angelica silvestris L., Anthriscus silvestris Hoffm., Oenanthe phellandrium Lam., Sium latifolium L., Heracleum sibiricum L., Selinum carvifolia L., Cicuta virosa L. Тут же развита и флора корневищевых злаков, представленных высокорослым Bromus inermis Leyss., Agrostis alba L., Calamagrostis villosa Mutel., C. lanceolata Roth., C. neglecta Pal. Beauv. и по окраинам кустов Poa palustris L. и Hierochloë odorata Wahlb. Так как при грибном разложении органического вещества азот его выделяется в форме свободного азота, то травянистая автотрофная флора не могла бы существовать без посредства бобовых растений, и как постоянных спутников ивовых кустарников мы встречаем Vicia cracca L., Lathyrus pratensis L., L. palustris L. и Trifolium hybridum L.

Благодаря тому, что вследствие неровностей микрорельефа поверхностного горизонта органического вещества, развившихся вследствие господства сообщества плотнокустовых злаков, растущих кочками, сток воды с поверхности почвы встречает сильнейшее механическое сопротивление, — после каждого дождя на поверхности начинающего развиваться болота образуется длительно сохраняющийся слой капельно-жидкой воды. Продукты аэробного разложения поверхностно накопляющегося органического вещества, как деревянистого (протекающего под влиянием грибной флоры), так и остатков рыхлых, объемистых, чаще всего полых надземных органов травянистых растений (совершающихся под влиянием аэробных бактерий), равномерно распределяются по всей поверхности болота. Этими растворенными в воде минеральными соединениями элементов зольной пищи растений и азота плотнокустовые злаки, а равно и другие симбиотрофные обитатели перегнойной почвы, совершенно не могут

воспользоваться, так как корни их погружены глубоко в массу органического вещества, последнее же насквозь пропитано водой, и новое количество ее не может проникнуть в его массу. Не может также способствовать проникновению этой богатой пищи в массы почвы и роющая и копающая фауна, которая способствовала равномерному перемешиванию массы почвы на лугу, по той причине, что подземная фауна в лице дождевых червей и личинок насекомых и их непременных спутников — кротов отсутствует, принужденная покинуть территорию болота вследствие длительного пребывания на нем снеговой воды, заливающей их норы и ходы, и животное население болота представлено богатой фауной моллюсков и насекомых, личинки которых развиваются или на надземных органах растений, или в воде, покрывающей болото, и такими же червями. Эта фауна способствует разрыхлению поверхностного органического вещества и его измельчению и в значительной мере помогает его аэробному разложению. На основе создавшегося таким путем богатого запаса зольной и азотной пищи в состоянии минеральных соединений развивается вторая группа травянистой растительности, занимающая все свободные промежутки болота между куртинами и группами ивняков или располагающаяся в равномерном распределении между растениями первой группы, если деревянистая флора болота представлена ольхой или пушистой березой, распределяющихся также в форме равномерного полога по поверхности болота.

Эта вторая группа представлена автотрофно питающимися осоками, симбиотрофно питающимися осоками и зелеными автотрофно питающимися мхами, и, кроме этих представителей летней флоры, еще и обильным количеством весенних эфемеров, о которых мы упоминали выше; наконец, к той же группе летней флоры принадлежат и те растения, о которых мы упоминали в начале настоящей главы и к которым присоединяется еще обильное количество вкрапленных в основной фон осокового покрова новых представителей автотрофно питающейся флоры

осокового болота; к последним принадлежат: Polygonum persicaria L., P. lapathifolium L., Nasturtium palustre D. C., N. austriacum Crantz., Triglochin palustris L., Rhynchospora alba Vahl., Ranunculus lingua L., Veronica longifolia L., Parnassia palustris L., Menyanthes trifoliata L., Butomus umbellatus L., Bidens cernuus L., Senecio paludosus L., S. palustre Hook., Epilobium hirsutum L., E. parviflorum Schreb., E. roseum Schreb., E. palustre L., Lysimachia thyrsiflora L., Equisetum limosum L., E. palustre L., Nephrodium thelypteris Desv., N. spinulosum Strempel., N. cristatum Mich., Athyrium filix femina Roth.

Основной фон растительности второй группы составляют крупные осоки Carex vulpina L., C. aristata R. Br., C. paniculata L., C. pseudocyperus L., C. vesicaria L., C. rostrata Stokes., C. riparia Curt., C. canescens L., C. stricta Good., C. stellulata Good.; эти осоки представляют тип корневищевых и рыхлокустовых растений. Развитие их начинается очень рано, немного позднее начала развития весенних эфемеров, и таким образом они успевают использовать элементы зольной и азотной пищи, растворенные в медленно стекающей с болота весенней снеговой воде. Далее, в течение всего лета они, подобно большинству злаков, развивают укороченные побеги и новые корневища и корни, используя для этой цели как те количества минеральных соединений зольных элементов и азота, которые остались еще неиспользованными в самом поверхностном рыхлом еще горизонте органического вещества, так и те количества тех же соединений, которые образуются в течение всего лета и осени путем разложения отмерших остатков весенних эфемеров, деревянистой растительностл болота и летней автотрофной флоры, равно как и рыхлого слоя мертвых остатков осок. Весь этот мертвый органический материал образует рыхлый беспорядочно лежащий покров, поддерживаемый на весу густой массой зимующих листьев осок, и во влажной атмосфере травостоя болота подвергается энергичному аэробному процессу разложения, и

всякий дождь выщелачивает на поверхность почвы болота обильное количество минеральных питательных веществ.

Благодаря неограниченной побегопроизводительной способности, осоки, как мы это раньше видели для злаков, способны во всякое время использовать все количество притекающего пластического материала и, вводя эти минеральные соединения зольных элементов в состав органического вещества своих органов, задерживают их на поверхности болота.

Среди основной массы автотрофно питающихся корневищевых и рыхлокустовых осок, в состоянии более или менее равномерного рассеяния и сосредоточенные группами разнообразной величины, располагаются крупные осоки, образующие кочки; это Carex caespitosa L., C. paradoxa Willd., C. elongata L. и C. acuta L. Как уже упомянуто, эти осоки способны образовывать кочки, развиваясь в форме плотного куста. Кочки этих осок могут достигать значительной высоты, до 75—100 см.; они имеют обыкновенно коническое расширенное книзу основание диаметром до 50 см, которое приблизительно на одной трети высоты переходит в несколько суженную цилиндрическую часть диаметром около 30—40 см, и к своей вершине кочка опять расширяется и, разрыхляясь, постепенно сливается с живой частью куста осоки, венчающего кочку. Сверху от куста спускаются, кроме того, пряди отживших листьев осоки. Осоки, образующие кочки, принадлежат по типу своего питания к растениям смешанного питания как автотрофного, так и симбиотрофного; они образуют двоякого рода корни; одни из них, пронизывающие в вертикальном направлении тело кочки, представляют толстые, около 4 мм в диаметре корни, не имеющие разветвлений и проникающие в массу мертвого органического вещества кочки на глубину 40—60 см. Это типичные микотрофные корни с рыхлой воздухоносной тканью, и при их посредстве эти осоки используют зольные элементы торфяной массы кочки. Кроме этой системы микотрофных корней, те же кусты развивают из своих периферических побегов корневую систему про-

тивоположного типа, состоящую из тонких, длиною до 50—80 см и более, разветвленных корней, причем всякий такой корень и его разветвления на всем своем протяжении коленчато изогнуты, причем всякое колено, длиною в 3—4 мм, составляет с направлением вышележащего колена угол около 60°; колена направляются попеременно в противоположные стороны. От каждого внешнего угла колена отходит короткая веточка, длиной в 5—10 мм, так что веточки, отходящие от двух последовательных колен, направлены в диаметрально противоположные стороны. Такими корнями куст осоки оплетает тело кочки с внешней ее стороны по всей периферии в виде густой сетки, плотно прилегающей к торфяной массе кочки. В случае невысоких еще кочек такая корневая сеть оплетает и поверхность торфяной почвы между кочками, образуя как бы сплошную сетчатую ткань, спускающуюся с кочки. Эта система корней, очевидно, приспособлена к усвоению растворенных в воде продуктов аэробного разложения поверхностного слоя органического вещества кочки и торфа болота. Насколько велико это количество растворенных в воде минеральных соединений на поверхности болота, видно из того, что в годы продолжительных засух, когда слой воды на поверхности болота высыхает, и верхушки кочки под влиянием испарения воды кустами осок пересыхают особенно сильно, так что вследствие медленности передвижения воды по торфяной массе устанавливается довольно резкая граница между верхней сухой и нижней влажной частью кочки, на границе этих частей образуется налет белых и желтоватых солей. В этом налете главную массу представляет аморфная кремневая кислота, но под микроскопом легко отличить кристаллы гипса и азотноизвестковой соли. Обыкновенно тело кочек в нижней своей наиболее влажной части бывает покрыто флорой автотрофно питающихся растений — Juncus buffonius L., J. ranarius Song. et. Perr., большим числом водорослей и мхами и изредка папоротниками.

Последней группой автотрофно питающихся растений на

таком болоте являются зеленые мхи, занимающие промежутки между кочками и основания их. Из зеленых мхов наиболее широким распространением пользуется группа автотрофных гипновых мхов Acrocladium cuspidatum Lindb., Caliergon stramineum Kindb., C. giganteum Kindb., Climacium dendroides Web. et Mohr., Drepanocladus exannulatus Warnst., D. vernicosus Warnst., D. intermedius Warnst., D. Kneifii Warnst; реже попадаются дерновинки Polytrichum gracile Menz., и на второй план отходят микотрофные мхи Dicranum Bonjeani De Not., Polytrichum strictum Banks. и P. juniperinum Willd.

Описываемая стадия болота продолжается обыкновенно очень долгое время; продолжительность ее существования, повидимому, измеряется десятилетиями, даже, может быть, столетиями. Причина такой длительности этого периода заключается в весьма медленном приросте массы мертвого органического вещества на поверхности болота. Это явление должно быть сопоставлено со сложностью состава травянистой группы членов господствующего растительного сообщества, в число которого входит большое количество растений группы эфемеров и группы летней флоры, кроме осок и злаков. Растения этих двух групп приносят спелые плоды частью в начале лета, частью в средине или конце его, т. е. в такое время, когда состояние влажности поверхности болота достигает своего минимума и когда часто слой капельно-жидкой воды временно исчезает с его поверхности. Кроме того, отжившая масса этих растений представляет по большей части грубую массу пустотелых стеблей и черешков листьев с хорошо развитой воздухоносной тканью, ибо корневая система этих растений развивается или в неподвижной воде поверхности болота, или в самых поверхностных слоях органического вещества, покрытого такой же водой; и в таких условиях корни этих растений нуждаются в приведении к ним кислорода, которого они не могут почерпнуть из среды своего развития. Все эти причины обусловливают вместе с рыхлым расположением того же отмершего органического вещества его быстрое

аэробное разложение. Продукты его разложения быстро усваиваются осоками, вегетирующими в течение всего лета до наступления устойчивых морозов. Но и отмирающее органическое вещество осок, благодаря плотному сложению их кустов, также отлагается очень рыхло, и отмершие стебли и листья остаются торчать или висеть среди живых еще листьев. Таким образом, и органические остатки осок также в значительной мере подвергаются аэробному процессу разложения, и прирост болота в вышину подвигается весьма медленно, и флора его долгое время обеспечена наличностью зольной пищи и азота.

Благодаря своему росту в форме кустарника, ветви которого всегда приподнимаются в очень наклонном положении, и благодаря способности даже очень толстых стеблей и ветвей образовывать придаточные корни, ивняки на осоковом болоте отличаются большой устойчивостью своего существования. Но в особенностях их развития по поверхности болота можно отметить неравномерность их распределения в том смысле, что кусты ивы занимают на болоте бо̀льшие или меньшие пространства, прерванные обыкновенно еще бо́льшими пространствами, совершенно лишенными древесной растительности. Ясно, что под влиянием такого неравномерного распределения деревянистой растительности по поверхности болота должно произойти неравномерное исчерпание массы торфа в отношении содержания элементов зольного питания и азота, ибо из травянистой растительности осокового болота лишь немногие являются растениями микотрофными, и их влияние в этом направлении на массу органического вещества отличается значительной неполнотой. Поэтому происходит не только неравномерное исчерпание питательных элементов из торфяной массы болота, но и неравномерное отложение тех же элементов по поверхности болота, так как продукты грибного разложения остатков ивняков равномерно распределяются по всей поверхности болота, а отложение их [питательных элементов] в форме органического вещества будет преобладать на участках болота, не занятых ивняками,

ибо там будут господствовать плотнокустовые осоки, отжившие органы которых отмирают глубокою осенью или даже зимой, между тем как среди кустов ив будут преобладать зонтичные и растения других семейств, отмирающие в середине и конце лета, и из растений, способных к накоплению органического вещества, здесь представлены только злаки и почти исключительно корневищевые, способность которых к накоплению в почве органического вещества меньше, чем у растений плотнокустовых. Повидимому, с таким обогащением пространств болота, не занятых кустарниковыми ивами за счет пространств его, находящихся под ивняками, происходит заселение первых древесной растительностью, о которой мы уже упоминали, — пушистой березой, низкорослой березой и реже ольхой. Эти древесные породы поселяются уже в виде равномерного полога, среди которого отдельные куртины ив играют роль подлеска. Появление новой древесной растительности вносит лишь количественные изменения в состав флоры осокового болота. Эти изменения резче всего сказываются в изменении характера распределения различных групп растений по поверхности болота. Обыкновенно резкая дифференциация групп растений, бросающаяся в глаза во время господства на болоте одних ив, исчезает, и получается равномерное распределение всех групп по поверхности болота.

При этом вследствие большей равномерности притока продуктов аэробного разложения мертвых остатков деревянистых растений, а следовательно меньшего притока их к почве, покрытой ивовыми кустами, уже истощившими в значительной степени органическое вещество, на котором они выросли, и развитие высокорослых зонтичных и растений других семейств, кроме осок и злаков, отступает на задний план, и часто наиболее видное место начинают занимать осоки и корневищевые злаки, из последних чаще всего Calamagrostis lanceolata и нередко Phragmites communis. Таким образом болото вновь может перейти в стадию травяно-осокового, отличающегося от такой же

предыдущей стадии тем, что в первой господствующими травами являлись плотнокустовые злаки, а в следующей стадии такими травами являются корневищевые злаки. Березники по осоковому болоту не отличаются долговечностью, так как нарастающий с поверхности торф погребает корневую шейку деревьев, и они погибают; поэтому в таких березниках по болоту очень много сухостоя и валежника.

Несмотря, однако, на медленность прироста массы органического вещества болота и на совершенство строения корневой системы древесных пород, исчерпывающих содержание зольных элементов мертвого органического вещества, этим древесным породам не удается в достаточной мере произвести это исчерпание зольных элементов, и поэтому вновь отлагающиеся слои торфа быстро беднеют содержанием элементов зольной пищи растений, и это обеднение субстрата, очевидно, не может не отразиться на изменении состава флоры болота.

Количество элементов зольной пищи растений, освобождающихся в форме минеральных соединений из разлагающегося аэробным путем поверхностного рыхлого горизонта органического вещества болота, становится настолько малым, что большинство крупных осок и автотрофно питающихся травянистых растений других семейств не находит достаточного количества зольной пищи, чтобы быть в состоянии развить присущую им обильную массу вегетативных органов, и большинство представителей их принуждено, постепенно мельчая, покинуть занимаемую ими территорию и уступить более приспособленным к скудным условиям питания растительным организмам.

Такими растительными организмами, более способными использовать незначительное количество минеральных соединений элементов зольного и азотного питания, освобождающихся на поверхности болота, являются зеленые мхи. Обращает на себя внимание тот факт, что микотрофные виды зеленых мхов сильно отступают на второй план, и, например, Aulacomnium palustre Schwaigr., который в лесах и на лугах часто достигает

чрезвычайно сильной степени развития и чрезвычайно подавляющим образом влияет на развитие высших автотрофных представителей травянистой растительности, далее микотрофные виды. Polytrichum commune L., часто образующие в хвойных лесах, особенно кедровниках, почти чистый покров и вытесняющие почти поголовно всю травянистую растительность из покрова лесной почвы, Polytrichum juniperinum Willd., P. strictum Banks. и P. gracile Menz., пользующиеся широкой распространенностью на лугах и осоковых болотах. а также Dicranum Bonjeani De-Not., широко распространенный в лесах, хотя часто встречаются на болотах этой стадии развития, но не образуют господствующей растительности, а чаще всего вкраплены отдельными группами и дерновинами в общий фон автотрофных мхов.

Основной фон мохового покрова зеленомохового болота чаще всего представлен афтотрофными мхами семейства Hypneae — гипновых, вследствие чего и болота этой стадии развития большей частью носят название гипновых болот. Наиболее часто входящие в состав основного ковра зеленомохового болота мхи из семейства Hypneae следующие: Caeliergon giganteum Kindb., C. stramineum Kindb., C. cordifolium Kindb., Acrocladium cuspidatum Lindb., Drepanocladus Kneiffii Warnst., D. intermedius Warnst., D. vernicosus Warnst., Hypnum Schreberi Willd., Climacium dendroides Web. et Mohr. и реже Drepanocladus aduncus Warnst. Кроме мхов из семейства гипновых, значительным распространением на болотах этой стадии развития пользуются Bryum ventricosum Dicks. и Mnium undulatum Weiss.

Причины подавляющего господства автотрофно питающихся зеленых мхов во время рассматриваемой стадии развития болотного процесса или регрессивного периода дернового процесса лежат как в свойствах, которые приобретает почва под влиянием воздействия предшествовавших растительных сообществ, так и в биологических особенностях и в особенностях строения зеленых мхов, и становятся ясными из сопоставления

анализа этих последних особенностей их и состава флоры зелено-мохового болота. Характер ботанического состава флоры болота в рассматриваемой стадии его эволюции является точным отражением существенных свойств его почвы. Кроме основного ковра автотрофных гипновых мхов, резко бросается в глаза еще группа деревянистых растений, которая, подобно зеленым мхам, носит следы, если не процветания, то, во всяком случае, нормального развития. Среди членов этой группы мы замечаем определенную смену различных ботанических видов по мере увеличения возраста болота. В начальных стадиях своего развития, наиболее близких к стадии осокового болота, деревянистая группа членов сообщества зеленомохового болота представлена теми же видами, как и в предыдущей стадии; это преимущественно Alnus glutinosa Gäertn. и Betula pubescens Ehrh. с подлеском из целого ряда ив — Salix pentandra L., S. lapponum L., S. repens L., S. angustifolia Willd., располагающихся преимущественно группами, и из рассеянных равномерно Betula humilis Schrank. По мере возрастния болота и прогрессивного обеднения его поверхностных горизонтов элементами зольного питания растений, крупные виды ольхи и болотной березы отмирают, и дальнейшего возобновления их не происходит, и в деревянистом пологе болота первенствующую роль начинает играть Betula humilis Schrank., с группами, расположенными подлеском, из низкорослых ив Salix lapponum L. и S. repens L. При дальнейшем развитии болота постепенно выпадает Betula humilis, и деревянистая флора болота принимает все более приземистый вид, и в составе ее, кроме только что упомянутых кустарниковых ив, появляются Betula nana L. и Andromeda poliifolia L., и весь деревянистый покров болота изменяет первоначальное групповое распределение на равномерное по всей территории распределение, и, наконец, последней появляется болотная сосна — Pinus silvestris L. В развитии этой группы членов болотного растительного сообщества мы замечаем одну общую черту — стремление деревянистой растительности образовать

равномерный покров по всей территории болота. Пока запас элементов зольного питания растений в почве болота, в горизонтах её, доступных воздействию корневой системы деревянистой растительности, был еще достаточным, поверхность его покрывалась высокорослой березой и ольхой с разбросанными среди них группами кустов ив. Но по мере нарастания новых горизонтов торфа, все более обедняющихся элементами зольной пищи, крупные деревья болотного леса постепенно отмирают, и главную роль на болоте начинают играть элементы бывшего подлеска, из состава которого по мере роста болота постепенно выпадают более крупные виды, на месте которых поселяются новые карликовые приземистые виды или усиленно развиваются, расползаясь по всему болоту, виды, способные принимать карликовый вид. Но за все время этого длительного процесса смены одних видов деревянистых растений другими в соствве болотного растительного покрова всегда имеется на лицо какая-нибудь группа деревянистых членов сообщества, которая по своему общему виду ясно говорит, что она находит хорошие условия для своего процветания.

Травянистая флора зеленомохового болота резко распадается на две группы. К первой группе принадлежат растения, равномерно рассеянные по всей территории болота и составляющие совершенно однородное вкрапление в основной моховой ковер, совершенно так же, как деревянистые карликовые растения, так что нельзя себе представить более или менее обширного пространства такого болота, на котором не встречались бы представители этой группы. Ко второй группе принадлежат такие растения, присутствие которых на болоте всегда приурочено к некоторым территориальным особенностям поверхности болота. Такими особенностями, влияющими на распределение растений второй группы, являются или понижения рельефа болота, по которым осуществляется постепенный сток поверхностной воды болота, или же неоднородность распределения деревянистой растительности. Вторая причина, играет заметную

роль лишь в начальных стадиях развития зеленомохового болота, и по мере нарастания равномерности распределения деревянистой флоры по территории болота исчезают и растения, находящие наилучшие условия своего питания в группах деревянистой растительности. К таким растениям принадлежат Angelica silvestris L., Galium palustre L., Trisetum flavescens Pal. Beauv., Epilobium palustre L., Lythrum salicaria L., Trifolium hybridum L., Stellaria graminea L., S. crassifolia Ehrh. Это реликты предыдущей стадии развития болота, могущие развивать свои обильные надземные органы только на основе обильного зольного питания, которое и осуществляется вследствие более обильного скопления мертвых остатков деревянистой растительности в местах ее группового скопления. Но как только прекращается период группового распределения деревянистой флоры по поверхности гипнового болота, так тотчас исчезает и эта группа растений, не выдерживающая соперничества остальной автотрофной флоры такого болота, лучше приспособленной к условиям существования при скудном питательном режиме.

Что касается первой причины, вызывающей появление на поверхности зеленомохового болота группового распределения растений автотрофного типа питания, то она вызывает усиленной приток элементов зольного и азотного питания, выщелачиваемых атмосферными водами с поверхности болота, где эти элементы освобождаются в минеральных соединениях под влиянием аэробного процесса разложения органического вещества поверхностных горизонтов болота и током раствора этих веществ по незамкнутым пониженным элементам рельефа болота. Такой постоянный приток питательных веществ и вызывает концентрацию в этих элементах рельефа болота остатков той растительности, которая в более ранних стадиях эволюции болотного процесса была равномерно распределена по всей поверхности болота; теперь же ничтожное содержание элементов пищи не допускает широкого распространения этой флоры по территории болота вследствие ее повышенных потребностей в пище и

обусловливает ее скопление по природным поверхностным водотокам болота, где недостаток питательных веществ в притекающей воде компенсируется беспрерывностью притока этой воды. К представителям этой флоры на гипновом болоте принадлежат Equisetum limosum L., E. palustre L., Glyceria fluitans R. Br., Poa palustris L., Carex muricata L., C. pseudocyperus L., C. paradoxa Willd., C. vesicaria L., C. rostrata Stokes., C. riparia Curt., Caltha palustris L., Ranunculus flammula L., Parnassia palustris L., Geum rivale L., Hippuris vulgaris L., Oenanthe aquatica Lam., Menyanthes trifoliata L., Myosotis palustris L., Scutellaria galleriсulata L., Lycopus europaeus L., Mentha austriaca Jacq.

В отличие от предыдущей группы растительности эта последняя отличается гораздо большей устойчивостью своей наличности на поверхности болота, и мы ее встречаем в самых поздних стадиях развития болота вплоть до его сфагнового периода, и существование этой группы растений указывает на то, что как ни совершенны приспособления зеленых и даже сфагновых мхов для уловления ничтожных следов элементов зольного питания, все же часть этих элементов ускользает от усвоения, и на основе этого выщелачивания с поверхности болота ничтожного во всякую данную единицу времени количества питательных веществ вследствие беспрерывности их притока к понижениям рельефа болота и может существовать вышеназванная флора. Громадное механическое сопротивление поверхностных живых элементов мохового болота стеканию с него атмосферной воды вызывает чрезвычайную медленность этого потока, вследствие чего элементы пищи растений будут весьма полно использоваться моховым покровом болота, и выщелачивание из-за пределов досягаемости их моховой флорой может осуществляться только на наиболее пониженных элементах рельефа болота, т. е. по его периферии и по природным водотокам; так как вследствие той же медленности тока воды по поверхности болота, выщелоченное из пониженных частей его количество питательных элементов

будет возмещаться таким же количеством их, выщелоченным из непосредственно выше лежащих частей болота, то очевидно, что абсолютное обеднение поверхности болота элементами пищи растений будет касаться только наиболее повышенных элементов его рельефа, к которым приток этих веществ извне не может осуществиться.

Первая группа травянистых растений зеленомохового болота, равномерно рассеянных по всей его поверхности, представлена как автотрофными, так и микотрофными растениями. Из последних прежде всего обращает на себя внимание группа орхидейных, из которх некоторые, например, Epipactis palustris Crantz., все время сопутствуют развитию болота, начиная с самых ранних его периодов и кончая сфагновым болотом. На этих растениях чрезвычайно ярко иллюстрируется несовершенство типичной корневой системы микотрофных растений, что ясно видно из сравнения роскошно развитых растений осокового периода болота и жалких, едва успевающих следить за нарастанием торфа, угнетенных растений зеленомохового и сфагнового болота. Полную противоположность этого типа микотрофных растений представляет впервые появляющийся во время зеленомохового периода эволюции болота тип корневищевых микотрофных травянистых растений, ярким представителем которых является Carex limosa L. Это растение обладает резко развитой способностью развивать чрезвычайно длинные и сравнительно тонкие корневища, одинаково хорошо развивающиеся как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях, и благодаря чередованию того и другого направления в развитии корневищ эта осока в одинаковой мере обладает способностью следить за быстрым нарастанием мохового покрова в толщину и все время образовывать новые узлы кущения на поверхности растущего вверх болота, а вместе с тем своими широко раскинутыми чрезвычайно длинными горизонтальными корневищами Carex limosa охватывает огромный объем торфяной массы, что дает ей возможность процветать в чрезвычайно скудной

по содержанию зольных элементов питания растений среде, которые она усваивает непосредственно из органического вещества, благодаря обильной микоризе, густо покрывающей ее длинные корни, достигающие 50—70 см в длину и обильно развивающиеся из всякого узла кущения. Благодаря своим длинным горизонтальным корневищам Carex limosa развивается в форме равномерно рассеянного вкрапления своих плодоносящих и укороченных побегов в основной массе моховой растительности болота.

Здесь уместно указать на то, что некоторые корневищевые злаки обладают также способностью к симбиотическому сожительству с грибами, образующими микоризу. Как наиболее часто встречающийся случай подобной способности можно указать на болотную форму костра безостого Bromus inermis Leysser., который является довольно постоянным членом сообщества травянистых растений, сопутствующих группам ивовых, ольховых и крушинных (Rhamnus frangula L.) кустов, развивающихся во время осокового и в начале гипнового периода развития болот В этом растительном сообществе безостый костер, сопутствуемый обыкновенно Vicia cracca L. и Lathyrus pratensis L., достигает обыкновенно очень мощного развития как в вышину — отчасти под влиянием затенения его кустов, так и по роскоши своего облиствения и по ширине своих листьев, которые по своему интенсивно зеленому цвету совсем не дают основания к объяснению сильного развития костра в вышину исключительно затенением кустарниками.

Исследование корней этой болотной формы костра безостого показывает, что наряду с типичными корнями автотрофно питающегося растения из узлов кущения этого злака развиваются и многочисленные корни, покрытые обильной микоризой. Совершенно очевидно, что если бы путем правильной селекции отобрать расы корневищевых и рыхлокустовых злаков, из которых многие обладают той же способностью и представляют тип факультативных микотрофно питающихся растений, техника

луговодства получила бы могучее средство для более выгодного использования частично и вполне осушенных болот.

Основное свойство, определяющее способность Carex limosa развиваться среди мохового ковра в виде равномерного вкрапления в его массу — способность образовывать чрезвычайно длинные корневища, присуща и последней группе членов растительного сообщества зеленомохового болота, равномерно рассеянных на общем фоне мха, автотрофно питающихся травянистых растений. Но, в отличие от Carex limosa, последние обладают лишь одной системой длинных развивающихся в наклонном к горизонту положении корневищ. Благодаря такой форме, корневища этих растений, отмирая с заднего своего конца и удлиняясь своим передним восходящим концом, все время следят за нарастающей в вышину поверхностью болота и все время своего существования сохраняют положение своей корневой системы среди живых элементов мохового покрова. Так как эта группа представлена исключительно автотрофно питающимися растениями, то проникновение их корневой системы в массу мертвого органического вещества совершенно излишне, ибо продукты аэробного разложения поверхностного мертвого органического вещества болота не могут проникнуть в пропитанную неподвижной водой массу торфа, а остаются растворенными в воде, медленно стекающей по рыхлой массе живой поверхности мохового болота, где навстречу им и развита широко раскинутая на длинных корневищах густая сеть корней последней группы растений, позволяющая им находить достаточное для образования своей растительной массы количество зольных элементов даже в очень разжиженном растворе поверхностной воды зеленомохового болота.

Состав корневищевой автотрофной группы членов растительного сообщества зеленомохового болота довольно сложен. Прежде всего обращают на себя внимание злаки этого сообщества. Наиболее постоянным злаком, являющимся, так сказать, непременным членом этого сообщества, сопровождающим все

фазы его развития, является Agrostis alba L. и наиболее сильно развитые в начальных стадиях эволюции этого болота, но исчезающие в его последних фазах Calamagrostis lanceolata Roth и C. neglecta Pal. Beauv. Далее следуют корневищевые осоки, развивающие или совершенно равномерно рассеянные побеги, или равномерно рассеянные по поверхности болота пучки побегов; Carex chordorrhiza Ehrh., C. Goodenoughii Gay., C. lasiocarpa Ehrh., C. teretiuscula Good. Очень постоянными членами того же сообщества являются пушицы Eriophorum polystachyum L., E. latifolium Hoppe и E. gracile Koch., ситники Juncus filiformis L. и J. lamprocarpus Ehrh., и постоянным спутником гипнового болота представляется Heleocharis palustris R. Br. Очень распространенными в начальных стадиях развития гипнового болота представляются: корневищевый папоротник Nephrodium thelypteris Desv. и из двудольных Potentilla palustris Scop. и Saxifraga hirculus L.; последние два растения сопровождают гипновое болото до его перехода в сфагновое.

Что касается основного фона растительности зеленомохового болота, то он составляется автотрофно питающимися мхами, как мы уже упоминали, преимущественно из семейства Hypneae, которые, как более приспособленные к создавшимся условиям зольного питания, вытесняют осоки, господствовавшие в предыдущем периоде развития болота. Причины лучшей приспособленности зеленых автотрофных мхов к условиям зольного питания на болоте выясняются из сопоставления условий питательного режима на болоте и особенностей абсорбционной системы зеленых мхов.

Мы уже видели, что поверхностные горизонты органического вещества болота к концу его осокового периода значительно обедняются содержанием зольных элементов пищи растений вследствие несовершенства исчерпания более глубоких горизонтов болота. Вместе с тем вся масса мертвого органического вещества болота насквозь пропитана водой, которая совершенно исключает возможность его аэробного разложения. Поэтому

возобновление запаса зольных элементов на поверхности болота возможно исключительно при посредстве микотрофно питающихся растений, без посредства которых всякому проявлению жизни на поверхности болота очень быстро наступил бы конец, так как бо́льшая часть всего ежегодно созидаемого на поверхности болота органического вещества сохраняется в неразложившемся состоянии в анаэробных условиях со всеми заключающимися в нем элементами золы, и поэтому автотрофная флора исчерпала бы в весьма короткий срок весь запас минеральной пищи, переведя его в недоступные для нее формы органо-минеральных соединений.

Микотрофная флора болота делится на две большие группы— деревянистую и травянистую, и обе этих группы делятся еще каждая на две — обладающие корневой системой, развивающейся из одного центра, кустовые формы травянистой флоры и древесные формы деревянистых растений, и обладающие корневой системой, развивающейся из многочисленных центров, широко рассеянных по всей среде при помощи корневищ или погребаемых ветвей, корневищевые формы травянистой флоры и кустарниковые формы деревянистой.

Мы видели также, что первые [кустовые] формы приспособлены к существованию лишь в среде, богатой зольной пищей, и поэтому на гипновом болоте остаются лишь корневищевые формы микотрофной травянистой флоры и кустарниковые и полукустарниковые формы деревянистых растений, причем последним принадлежит преобладающая роль вследствие того, что корни многолетней корневищевой травянистой флоры в течение своей только однолетней жизни не могут развиваться в такой степени, как многолетние корни деревянистой растительности. Вследствие сказанного становится понятным, что деревянистую микотрофную флору надлежит считать существенным элементом растительных сообществ болотного периода дернового процесса, отсутствие которой исключает возможность развития автотрофных членов того же сообщества. В свою очередь,

последние являются не менее существенным элементом того же сообщества. В отсутствие автотрофной растительности болота элементы зольного питания растений перенесенные деревянистой флорой из массы органического вещества болота на его поверхность в форме отживших надземных органов, подвергающихся быстрому аэробному разложению, немедленно и надолго перешли бы в состояние минеральных соединений. Так как вся масса мертвого органического вещества болота находится в состоянии максимального уплотнения под давлением собственной тяжести и в таком состоянии пропитана водой атмосферных осадков до предела своего насыщения и так как вода, пропитывающая такое уплотненное органическое вещество, находится в нем в состоянии полной неподвижности, то новое количество атмосферной воды не может проникнуть в массу органического вещества болота, а скопляется на его поверхности и чрезвычайно медленно стекает по уклону, вследствие огромного механического сопротивления поверхностного покрова болота, настолько медленно, что вода предыдущего дождя не успевает вполне стечь в средних широтах до следующего дождя. В отсутствие автотрофной растительности этот беспрерывный ток воды без остатка смывал бы продукты аэробного разложения деревянистой флоры, состоящие из элементов зольного питания растений, собранных корнями этой флоры в толще болота. Таким образом, масса торфа во всей своей толще скоро оказалась бы исчерпанной в отношении зольной пищи растений, и деревянистая флора должна была бы отмереть. Но этого мало: масса торфа, не содержащая элементов золы, не могла бы подвергаться и разложению низшими организмами и надолго бы покрыла собою поверхность минеральной почвы бесплодным мертвым органическим покровом, и все живые элементы земной поверхности средних широт могли бы сосредоточиться исключительно в океане, куда оказались бы вымытыми все зольные элементы органического вещества.

Вследствие всего комплекса вышеописанных явлений на

болоте наступает такой момент, когда слой торфа, доступный корням деревянистой микотрофной растительности, настолько обедняется элементами зольной пищи растений, что приток последних к поверхности болота, осуществляемый при посредстве деревянистой его флоры, достигает такой незначительной величины, что автотрофная флора болота начинает испытывать острый недостаток в питательных веществах. Начиная с этого момента, наступает борьба за эти жизненно необходимые элементы. Прежняя автотрофная флора осокового болота уже оказывается недостаточно приспособленной к остроте новых условий не в смысле строения отдельных организмов, ее составляющих, но в смысле заполнения ими поверхности болота.

Травянистая растительность осокового и других более ранних периодов эволюции дернового процесса развивалась одновременно в двух средах — абсорбционная система этих организмов целиком помещалась в почве, тогда как ассимиляционная система их была строго приурочена к воздушной среде. Такое разделение этих двух систем, одинаково важных в деле создания органического вещества, необходимо вызывало ряд последствий, которые не играли раньше большой роли, пока переполнение почвы водой, в связи с ограниченностью наличности зольной пищи, не заставило их принять критически важное значение.

Переполнение почвы водой имеет своим последствием, наряду с другими явлениями, резкое изменение термического режима ее. Вследствие большой теплоемкости воды почва, пропитанная ею, очень медленно согревается; тому же явлению способствует и значительное поглощение тепла при испарении воды; рядом с этим охлаждение такой почвы, вследствие большой теплопроводности воды ее пропитывающей, совершается чрезвычайно быстро. В результате получается значительное сокращение вегетативного периода флоры такой почвы, вследствие раннего охлаждения последней осенью до критической температуры деятельности корней, лежащей около 4° С, ниже какой

температуры корни прекращают всасывание воды, причем охладившаяся ночью почва не в состоянии вновь согреться в течение коротких дней; весной почва болота согревается очень медленно, и жизнедеятельность ее флоры часто прерывается, вследствие весенних заморозков-утренников, от которых почва болота не гарантирована вплоть до начала июля. Во время этих периодов понижения температуры почвы вся жизнедеятельность высшей флоры этих почв прекращается, причем эта обстановка жизнедеятельности охватывает не только зимний перерыв, но и более короткие перерывы весны и начала лета, и этим последним объясняется наличность у болотной флоры чрезвычайно развитых приспособлений для сокращения испарения. Но в течение значительного промежутка времени, охватываемого этими перерывами жизнедеятельности высшей флоры болота, низшая его флора — грибы и бактерии — продолжает свою работу разрушения органического вещества, как не зависящая в своей жизнедеятельности от температуры почвы, так как ее деятельность протекает выше последней, в горизонте еще рыхлых мертвых остатков, легко согревающихся вследствие своей умеренной влажности и трудно охлаждающихся вследствие большого количества воздуха, заключающегося в их массе. В результате таких соотношений большое количество зольной пищи не может быть усвоено высшей флорой болота и используется более приспособленными растениями. Кроме только что сказанного, нахождение абсорбционной и ассимиляционной систем высших представителей болотной флоры в различных средах неминуемо вызывает замедление абсорбционной деятельности корневой системы их. Только после того, как поглощенные корневой системой растворы элементов зольного питания растений достигнут при посредстве проводящей системы ассимиляционных органов и будут в них обращены в органическое вещество или в другое нерастворимое в воде соединение и когда, таким образом, будет нарушено осмотическое равновесие концентрации растворов зольных элементов питания растений

внутри клеток растения и в почвенном растворе, только тогда возможно поступление в абсорбционную систему такого растения новых количеств зольных элементов из почвы.

Понятно, что такое разделение систем абсорбционной и ассимиляционной должно отразиться на замедлении процесса поглощения элементов зольного питания и увеличить возможность утраты их для нужд высшего растения. Кроме того, высшие растения болота требуют гораздо большего количества элементов питания для создания своей сравнительно большой массы, из которой значительная доля приходится на абсорбционную — корневую систему. Наконец, использование пространства болота и главным образом того горизонта его, где сосредоточено нахождение усвояемых форм элементов зольного питания при помощи корней высших растений и главным образом кустовых осок, происходит далеко не совершенно. Кусты осок, обладающие значительной кроной листьев, расходящихся из одного центра, принуждены располагаться на значительном расстоянии друг от друга, и так как зольная пища их сосредоточена преобладающим образом в виде раствора в поверхностной воде болота, они для уловления ее принуждены развивать широкую сеть длинных корней, сосредоточенных преобладающим образом на поверхности болота, и так как каждое новое годичное поколение побегов осок развивает и новые корни, то понятно, что временно поверхность болота бывает далеко не равномерно выполнена корневой системой осок.

Мхи зеленомохового периода болота в значительной степени свободны от вышеперечисленных особенностей высших обитателей болота осокового периода, вследствие чего они с успехом вытесняют последние, занимая сначала недостаточно использованные части поверхности болота, и быстро приводя к окончательной гибели кустовые осоки. Ослабленные недостаточностью питания зольными элементами кустовые осоки в конце периода своего господства уже не могут развить достаточно широко раскинутой кроны листьев, которая путем затенения могла бы

бороться со стремлением мхов занять освобождающуюся территорию.

Причина, почему в борьбе за обладание поверхностью болота гибнут только кустовые осоки и сохраняются осоки и злаки корневищевые, хотя последние и обладают всеми свойствами высших растений, о которых мы подробно говорили непосредственно выше, повидимому, заключается в том, что в отсутствие травянистых элементов в растительном сообществе болота азотное питание господствующих мхов сделалось бы неосуществимым. При грибном аэробном разложении мертвых остатков деревянистых растений азотистые соединения их разрушаются с выделением азота в форме свободного элемента. Вместе с тем и органическое вещество мхов содержит также значительное количество дубильных веществ и может разрушаться только путем грибного разложения; таким образом, при исключительном господстве лишь двух существенных элементов растительного сообщества моховых болот — деревянистых растений и мхов — последние должны были бы испытывать острую нужду в азотном питании. Повидимому, на поверхности болота нет другого источника растворимых в воде минеральных соединений азота, кроме бактериального аэробного разложения травянистого органического вещества. Первоисточников азота в воде поверхности болота, повидимому, два: 1) атмосферный азот, и необходимостью его [недостатком азота] только и можно объяснить присутствие среди флоры болота бобовых — Trifolium hybridum L. и Lathyrus palustris L. и 2) азот органического вещества торфа, перевод которого в травянистое органическое вещество возможен только при посредстве травянистых симбиотрофных растений, о чем мы говорили выше. Этим объясняется постоянное нахождение среди флоры болот симбиотрофных травянистых растений — Carex limosa — и ряда орхидей.

Но как бобовые на болотах, так и симбиотрофная флора болот располагаются в виде широко разбросанных групп, и роль

корневищевых автотрофных осок, злаков и растений других семейств состоит в равномерном распределении минеральных соединений азота по всей поверхности болота.

Возвращаясь к причинам, способствующим успешному вытеснению осок зелеными мхами, мы прежде всего видим, что каждое отдельное растение зеленого мха создает неизмеримо меньшую массу органического вещества по сравнению с крупными осоками, и поэтому может довольствоваться гораздо меньшим количестом зольной и азотной пищи. Степень распределения мхов по поверхности болота также гораздо совершеннее, ибо они образуют сплошную массу параллельно стоящих на возможно близком расстоянии друг от друга растеньиц, заполняющих всю поверхность болота.

Мхи зеленомоховых болот совсем не обладают корневой системой в том смысле, какой она имеет по отношению к высшим наземным растениям. Корневая система высших наземных растений исполняет две главные функции: 1) она является органом прикрепления растения к субстрату — почве и 2) исполняет роль абсорбционной системы. Моховой покров болота не нуждается в первой роли корневой системы, и только в самые начальные периоды развития, когда мох еще находится в состоянии предростка, ризоиды последнего исполняют роль прикрепления его к почве, но как только из предростка разовьется группа растений мха, они с течением времени образуют подушку, которая сливается с массой подстилающего ее мертвого органического вещества вследствие давления вышележащих частей, напитанных водой, верхняя же живая часть растений непосредственно связана с нижними отмершими их частями, и ризоиды, развивающиеся по всей длине стеблей мха, служат для поддержания взаимной связи между растениями, развивающимися параллельно друг другу, и помогают всей массе моховых растений сплестись в один сплошной рыхлый и упругий войлок, причем ризоиды по большей части совсем не проникают в массу отмерших мхов. Роль ризоидов у мхов зеленомоховых

болот в качестве элементов абсорбционной системы, вероятно, ничтожна, о чем можно заключить, как по ее логически ясной излишности, так и потому, что у этих мхов клеточные стенки ризоидов сильно утолщены, чего никогда не бывает у конечных — периферических — элементов абсорбционной системы. Полная независимость абсорбционной системы зеленых мхов от почвы болот представляет чрезвычайно выгодный для них момент в их развитии, так как это обстоятельство совершенно освобождает их от всякой зависимости их развития от температуры почвы. Это обстоятельство вместе с чрезвычайно низким требованием их по отношению к термическим условиям своего развития и в связи с тепловыми условиями болотной почвы, о которых мы говорили выше, значительным образом влияет на увеличение числа дней их вегетативного периода по сравнению с высшей флорой болота, так как мхи продолжают проявлять усиленную деятельность в то время, как остальная растительность или еще не проснулась от зимнего покоя, или уже перешла в это состояние, или принуждена принимать все меры к прекращению испарения воды своей листовой поверхностью, что равносильно прекращению ассимиляционной деятельности.

Чрезвычайно важным свойством зеленых мхов в деле обеспечения их успеха в борьбе за территорию болота с кустовыми осоками является та их особенность, что абсорбирующая система их совмещается с системой ассимилирующей. Все зеленые клетки их лишены как покрова эпидермиса, так и всякого иного покрова, препятствующего непосредственному осмотическому проникновению в полости ассимилирующих клеток растворов элементов их пищи. В полном соответствии с таким способом усвоения элементов зольной и азотной пищи находится и полное отсутствие у мхов элементов, приводящих пластический материал к ассимилирующим клеткам, и отсутствие на всем теле мхов устьиц ввиду полной бесполезности такой транспирационной системы; только у основания органов плодоношения мхов находятся устьица вследствие необходимости привлечения к

этим органам усиленного тока готового пластического материала. У зеленых мхов имеются лишь зачатки системы, приводящей готовый пластический материал от органов ассимиляции, являющихся одновременно и органами абсорбции, к другим органам, нуждающимся в пластическом материале, или к местам запасных складов питательных веществ. Такое совмещение двух жизненно важных систем представляется несомненно выгодным, ибо не требует затраты времени на передвижение продуктов абсорбции к органам ассимиляции и будет сильно влиять на быстроту осуществления процесса поглощения элементов зольной и азотной пищи.

Самый характер роста зеленых мхов вполне отвечает условиям их питания. Благодаря своему тесному развитию параллельно друг другу на расстоянии приблизительно длины своих листьев и связанная в одну общую систему отчасти переплетающимися ветвями, отчасти ризоидами, масса растений зеленых мхов представляет как бы рыхлую упругую сеть, через которую вода атмосферных осадков проникает беспрепятственно, но быстрота движения воды по массе мохового покрова значительно умеряется наличностью огромного числа волосных промежутков между многочисленными мелкими листочками и стеблями и переплетениями стеблей, ветвей и ризоидов, вследствие чего вода атмосферных осадков медленным током пробирается по живому покрову болота, образуя по пути бесчисленные волосные мениски, пока не дойдет до уровня воды в отжившей массе мхов, которые здесь уже утратили свой тургор и слеглись в плотную сплошную тонковолосную массу, пропитанную неподвижной волосной водой; по поверхности этого горизонта сплошного пропитывания торфа водой вода атмосферных осадков и начнет двигаться по уклону поверхности болота чрезвычайно медленным током, вследствие механического сопротивления того же живого мохового покрова болота.

Припоминая все вышеизложенное, мы увидим такой механизм питательного режима всего растительного сообщества

зеленомохового болота, как одного целого, все члены которого представляются существенно важными элементами одного общего комплекса — болота, из которого нельзя удалить ни одного элемента, не произведя глубокого расстройства в жизненных отправлениях всего сложного организма.

Мы уже видели, что растительное сообщество болота состоит из комплекса деревянистых и травянистых растений, к которым в позднейших стадиях эволюции болотного процесса присоединяются мхи. Эти последние, как мы уже упоминали в начале настоящей книги, надлежало бы выделить в особую растительную формацию, так как они, обладая всеми общими признаками травянистых растений, не обладают двумя существенными внешними признаками этой растительной формации, а именно: мхи представляют растения многолетние, продолжительность жизни которых измеряется десятилетиями и даже, может быть, столетиями, и, во-вторых, мертвые остатки мхов не способны подвергаться бактериальному разложению вследствие чрезвычайно большого содержания в них дубильных веществ. Вместе с тем отсутствие у мхов многолетней корневой системы и бедность их элементами древесины не позволяют их причислить к деревянистой растительной формации, с которой они, кроме многолетности своих осевых надземных органов, имеют еще общее свойство — способность их мертвых остатков разлагаться исключительно под влиянием грибов.

Главная роль группы деревянистых элементов растительного сообщества болот состоит в снабжении всего комплекса членов растительного сообщества болота элементами зольной пищи, которые она беспрерывно передвигает из нижних горизонтов болотной почвы во вновь нарастающие его верхние слои. Главная роль моховой растительности болота заключается в закреплении — фиксации — перенесенных деревянистой растительностью элементов зольной пищи в верхних горизонтах болотной почвы, что осуществляется благодаря тому, что мертвые остатки мхов, нижние части их стеблей и ветвей со всеми листьями сразу по-

падают в условия ярко выраженного анаэробиозиса, обусловленного присутствием неподвижной воды, и так как эти остатки могут разлагаться исключительно под влиянием грибов, то они в условиях анаэробиозиса просто консервируются. В свою очередь, главная роль травянистой растительности болотного растительного сообщества заключается в снабжении верхних горизонтов болота азотным питанием. Само собою разумеется, что все члены сообщества до известной степени исполняют и функции других членов, как принадлежащие к одному и тому же типу организмов, и выше мы имели в виду лишь главные функции каждой группы растений, которые исполняются другими группами в менее совершенной форме.

* * *

В течение длинного ряда лет существования зеленомохового периода болотного процесса в нем происходят, в свою очередь, процессы медленной эволюции, выражающиеся внешним образом в изменениях наружного вида болота, связанных с изменениями в составе отдельных членов его растительного сообщества, с изменениями количественных отношений тех же членов и с изменениями в степени развития различных членов тех же групп. Основной причиной всех этих изменений является одна общая причина, определяющая общее регрессивное направление всего процесса эволюции этого периода дернового процесса — прогрессивное уменьшение количества зольных элементов питания растений в горизонтах болотной почвы, доступных для проникновения в них корней деревянистых растений.

Прежде всего следует отметить один общий характер всех изменений, происходящих с растительностью болота. Вся растительность зеленомохового болота постепенно мельчает, и все члены ее проявляют прогрессивно растущие в своем выражении признаки угнетенности развития. Совершенно ясно, что причина этого общего нарастающего признака угнетения развития стоит в непосредственной связи с процессом прогрессивного обеднения

поверхностных горизонтов почвы болота элементами зольной пищи растений, и на причинах этого обеднения мы уже останавливались выше. Здесь следует добавить, что как ни совершенна в смысле приспособления к равномерному пронизанию среды корневая система деревянистых растений, все же она не в состоянии использовать всего запаса зольных элементов органического вещества болота, главным образом потому, что эти элементы пищи растений находятся в торфе в нерастворимом в воде состоянии и поэтому не могут притекать к области воздействия каждого корневого разветвления. Так как поверхность болота все растет в вышину и развивающиеся на смену постепенно погибающих деревянистых растений новые их поколения также принуждены все более повышать предел проникновения своих корней вглубину торфа, то нижние горизонты торфа остаются недостаточно использованными.

Прогрессирующий процесс обеднения поверхностных горизонтов торфа зеленомохового болота выражается внешним образом в смене различных по своему биологическому характеру членов его растительного сообщества. Сначала исчезают крупные деревья, обладающие недостаточно развитою в ширину корневой системой, которая в обедневшем субстрате не в состоянии собрать достаточного количества зольных элементов для образования и питания своей обширной кроны. Исчезают береза и ольха, причем последняя переходит сначала в кустарниковую форму. Далее исчезают ивы, образующие крупные кусты, и остаются лишь такие из них, которые обладают длинными корневищами, и к оставшимся мелким корневищевым ивам и кустарниковой березе Betula humilis присоединяются низкорослые виды Betula nana и Andromeda poliifolia, к которым в последних стадиях зеленомохового периода присоединяется иногда болотная сосна Pinus silvestris L., которая является характерным элементом следующего периода болотного процесса — сфагнового болота.

Одновременно с процессом измельчения и равномерного рас-

сеяния по поверхности гипнового болота деревянистой его растительности протекает и процесс постепенного исчезновения из состава его сообщества тех представителей травянистой его флоры, которая по строению своей корневой системы и по величине развития своих надземных органов уже не в состоянии находить в прогрессивно обедняющихся верхних горизонтах болота достаточного для своего процветания зольного питания. Места, освобождающиеся после отмирания травянистых растений и деревьев на гипновом болоте, занимаются чаще всего двумя группами растений — печеночными мхами Marschantia polymorpha L., которая в это время занимает довольно обширные оазисы, и сфагновыми мхами. Последние появляются отдельными дерновинками или кочками вокруг пней обломленных ветром отживших деревьев, вокруг кочек отживающей травянистой растительности, а также часто сфагнум внедряется в дерновины, образуемые уже ослабленными видами Polytrichum, которые он окончательно заглушает. Пионерами сфагновых мхов являются виды Sphagnum cymbifolium Warnst., S. centrale C. Jeus , S. Warnstorfii Russ., S. terres Aengstr., S. squarrosum Pers. и другие. В этом состоянии болото по преобладанию зеленых мхов должно быть отнесено еще к гипновому периоду, но уже ясно стремление к постепенному завоеванию всей поверхности его сфагновыми мхами, которые все в большем количестве начинают внедряться в ковер сплошного зеленого мха, пока совсем его не вытеснят, и болото не перейдет в сфагновый период развития.

Основные группы членов растительных сообществ сфагнового болота остаются те же, которые мы встречали и выделили при рассмотрении предыдущих стадий эволюции болотного периода дернового процесса, это 1) мхи, составляющие основной сплошной фон такого болота, 2) деревянистые и полудеревянистые растения, равномерно вкрапленные в основной фон сфагнового ковра, 3) симбиотрофные травянистые растения, также равномерно рассеянные по всей поверхности болота, и

4) автотрофные травянистые растения, приуроченные к определенным областям болота, и в более позднем периоде процесса эволюции сфагнового болота появляются в качестве новых его элементов, 5) плотоядные растения, равномерно рассеивающиеся по всей поверхности болота, и, наконец, 6) лишайники, появляющиеся сначала в виде групповых вкраплений и постепенно завоевывающие равномерно всю поверхность болота.

Сфагновый ковер, сменяющий гипновый покров зеленомохового болота, большей частью составляется из иных видов рода Sphagnum, чем те, которые встречаются вкрапленными в гипновое болото в последних стадиях развития последнего. Он большей частью составлен из следующих видов, составляющих по большей части чистые заросли одного вида: Sphagnum acutifolium Russ. et Warnst., S. medium Limpr., S. squarrosum Pers., S. subsecundum Limpr., S. cuspidatum R. et W.; реже встречаются виды Sphagnum angustifolium C. Jeus., S. fuscum Kling., S. Girgensohnii Russ., S. Warnstorfii Russ., S. teres Aengstr. и др. Причины смены гипнового ковра сфагновым лежат в еще более совершенной приспособленности к питанию зольными элементами и азотом в обстановке крайней — предельной ограниченности содержания этих элементов в среде, обитаемой этими мхами, и притоку их к абсорбционной системе этих растений. Основной принцип питания всего комплекса членов растительного сообщества сфагнового болота остается тот же, как и в зеленомоховой, осоковой и злаковой стадиях эволюции болота — симбиотрофные члены сообщества усваивают элементы зольного питания и азота из массы погребенного мертвого органического вещества, переносят их на поверхность болота, где они, освободившись от конституционной связи с элементами органического вещества, служат для питания автотрофных членов того же сообщества. В связи с прогрессивно растущим обеднением отлагаемой по мере роста болота массы мертвого органического вещества и приток к его поверхности элементов зольной пищи растений и азота делается все более скудным, и понятно, что в таких

условиях могут остаться лишь такие члены растительного сообщества, которые обладают высоко совершенными приспособлениями для уловления нужных им элементов до малейших следов последних, и ясно, что видовой состав такого сообщества должен претерпеть неминуемое упрощение; в нем останутся лишь такие элементы, которые безусловно необходимы, как существенные элементы питательного режима всего сообщества.

В отношении приспособления к питанию зольными элементами и азотом из очень разжиженных растворов и при условии соприкосновения последних с абсорбционной системой растений лишь периодически, в зависимости от выпадения атмосферных осадков, промывающих поверхность покрова болота, сфагнум обладает теми же двумя биологическими признаками, как и зеленые мхи, — он никогда не встречается в виде единичных растений, но всегда развивается в виде рыхлых дерновинок или в форме сплошного рыхлого ковра. Сфагнум совсем не обладает корневой системой. Ризоиды развиваются только у предростка и служат главным образом, если не исключительно, для прикрепления его к субстрату; у взрослого растения они совершенно отсутствуют, что служит, между прочим, подтверждением того взгляда, что роль ризоидов у зеленых мхов сводится к созданию прочного взаимного скрепления отдельных растений в одну сплошную сеть, а не к поглощению растворов питательных веществ. Роль ризоидов у сфагнума берут на себя многочисленные его ветви, из которых часть, направленная в приблизительно горизонтальном направлении, служит для взаимного переплетения вертикальных стеблей в упругую рыхлую сеть, другая же часть повислых ветвей, плотно прилегающих к стеблям, образует переплетением с листочками стебля густую сеть волосных промежутков, сильно замедляющих нисходящий ток атмосферных осадков, проходящих через живой покров торфяного болота. Второй биологический признак сфагнума, общий с зелеными мхами — это совмещение абсорбционной системы с ассимиляционной. Сфагнум также поглощает

соединения зольных элементов и азота всей поверхностью своих зеленых клеток и, как прямое логическое следствие, из такого способа питания у сфагнума наблюдается полное отсутствие проводящей сосудистой системы; лишь в центральной области стебля и у оснований листьев мы наблюдаем удлиненные тонкостенные клетки, служащие для проведения пластического материала из зеленых клеток листьев и периферии стеблей и ветвей в центральную область стебля, служащую запасным магазином для пластического материала. Но у сфагнума доведены до еще большей степени совершенства приспособления для задержания быстроты тока атмосферной воды, периодически промывающей накопившиеся в поверхностном горизонте мохового ковра продукты аэробного разложения мертвых органических остатков деревянистой и травянистой флоры болота, опадающих на поверхность его и закрепляемых в своем рыхлом залегании растущими вершинами и ветвями мха и постоянно пребывающими в насыщенной парами воды атмосфере рыхлой живой сети растущего мохового покрова. Эти приспособления состоят в том, что как в листьях его, состоящих всего из одного слоя клеток, так и в периферическом слое клеток стебля и ветвей, находятся два рода клеток. Одни клетки удлиненной изогнутой формы соприкасаются между собою только своими узкими концами, образуя таким образом сплошную сеть с крупными полостями. Эти клетки обладают тонкими стенками и наполнены протоплазмой и обильными хлорофильными зернами; они совмещают в себе абсорбционную и ассимиляционную системы всего мохового растения. Крупные промежутки между этими живыми клетками заполнены каждый одной крупной мертвой, состоящей только из одной оболочки, клеткой. Оболочки этих крупных, лишенных содержимого, клеток спирально утолщены, и утолщения представляют одревесневшую клетчатку. Таким образом, мертвые клетки играют роль механической основы, держащей всю сеть живых тонкостенных клеток в состоянии натяжения. Кроме упомянутых утолщений, каждая крупная

мертвая клетка имеет в своей оболочке два или несколько крупных отверстий, а те же клетки периферии стебля часто снабжены в верхней своей части удлиненной шейкой, имеющей широкое отверстие на своем конце и придающей всей клетке сходство с ретортой или колбой с изогнутой шейкой. В обычное время все мертвые клетки наполнены воздухом, который и придает всему растению сфагнума матовый серебристый блеск, но после всякого дождя или росы пустые клетки вследствие волосности наполняются через отверстия своих стенок водой атмосферных осадков, сфагнум приобретает яркий цвет, и впитавшаяся вода лишь очень медленно стекает из клеток, и последние вновь наполняются воздухом. Такое попеременное наполнение и опоражнивание клеток происходит после всякого выпадения атмосферных осадков. Отмирающие листья и стебли травянистой растительности сфгнового болота остаются в положении, которым они обладали при жизни, благодаря оплетению их со всех сторон стеблями и ветвями сфагнума; опадающие же остатки деревянистой флоры, как мы уже говорили, фиксируются в принятом ими положении растущим мхом. Благодаря большой влажности воздуха, заключенного в запутанную сеть элементов горизонта живого мха, все эти мертвые остатки сохраняют достаточную влажность, и аэробное разложение их идет беспрерывно, и всякий дождь, а также и росы, которые на болотах бывают частыми и обильными, выщелачивают новые порции минеральных элементов зольной и азотной пищи. Так как среди представителей флоры болота, особенно ее деревянистых членов, встречается очень много так называемых вечнозеленых растений, теряющих свои листья беспрерывно в течение всего года, то, несмотря на быстроту аэробного разложения органического вещества, запас его, подвергающийся разложению, поддерживается в течение круглого года. К этому присоединяется еще и то явление, что вследствие частых поздних весенних и ранних осенних заморозков, на поверхности болота ежегодно отмирает очень значительное количество недостаточно одревесневших

побегов деревянистой растительности и молодых листьев травянистых растений, что придает своеобразный habitus болотной растительности, и отмершие части растений постепенно опадают на поверхность мохового покрова и поддерживают запас мертвого органического вещества в горизонте живого мха торфяного блота.

Но кроме указанного высокосовершенного приспособления к использованию в возможно полной мере притекающих к поверхности болота элементов питания, сфагнум в отличие от зеленых мхов сохраняет и прочную связь с почвой, образующейся из нижних, отмирающих частей его стеблей, ветвей и листьев. Эта связь осуществляется, благодаря присущей всем живым клеткам сфагнума способности выделять протеолитическую энзиму, разрушающую белки, т. е. как раз те соединения, в состав которых входит азот, сера и фосфор, и по мере отмирания нижних элементов сфагнума белки их разрушаются протеолитической энзимой прилегающих живых клеток, и продукты распада белков передвигаются в живые еще части мха. Как прямое следствие этого восстановления непосредственной связи с нижележащей почвой, мы наблюдаем и восстановление существенного свойства почвообразовательного процесса — передвижение зольной пищи растений в поверхностные горизонты почвы. В предшествующих стадиях эволюции болотного процесса, в стадии травяного, осокового и зеленомохового болота мы наблюдали совершенно ясно выраженный процесс прогрессивного обеднения нарастающих горизонтов торфа содержанием элементов зольного и азотного питания растений. Хотя процесс передвижения элементов золы и азота из нижних горизонтов в верхние и продолжал осуществляться в еще более интенсивной степени, чем во время прогрессивного периода эволюции дернового процесса, благодаря большей растительной массе, созидавшейся флорой вышеназванных периодов развития болота, причем на болоте необходимо принимать в расчет и массу деревянистого органического вещества, так как продукты его разрушения це-

ликом усваиваются травянистой флорой болота, а не выщелачиваются из него вследствие полной непроницаемости для воды почвы болота, но результаты этого процесса — скопление элементов пищи растений в верхних слоях болот — маскировались одновременно идущим явлениям роста болота в вышину, и так как вследствие богатства почвы элементами зольного питания и азотом, растительность этих стадий развития болота не была вынуждена выработать приспособлений для очень детального исчерпания запасов пищи в почве, то процесс нарастания толщи болота, так сказать, перегонял процесс исчерпания почвы в отношении зольных элементов и азота, и в результате вновь нарастающие слои торфа прогрессивно обеднялись этими веществами. Только начиная со сфагнового периода, когда количество зольной пищи и азота в почве болота достигли критического минимума, растительность болота принуждена была смениться такой, которая обладает чрезвычайно могучими средствами к исчерпанию питательных элементов среды, ибо к абсолютной бедности среды прибавился еще процесс беспрерывного роста болота в вышину, и комбинация этих двух явлений требует, очевидно, немедленного использования питательных богатств почвы, пока они находятся в пределах достижимости для биологических элементов болота. В зависимости от описываемой способности сфагнума, мы наблюдаем резко выраженное увеличение содержания зольных элементов питания растений в горизонте живого мха и в непосредственно за ним следующем горизонте недавно отмершего торфа. Здесь содержание физиологически важных зольных элементов достигает 0,2—0,5% по отношению к весу сухого вещества, тогда как в сфагновом торфе количество тех же элементов колеблется всего в пределах от 0,01% до 0,05%, и это ничтожное содержание элементов зольного питания растений держится на одной высоте на протяжении всей мощности сфагнового торфа, но начинает немедленно и прогрессивно прибывать, как только мы входим в горизонты гипнового, осокового и осоково-травяного торфа.

Наиболее типичным представителем симбиотрофной деревянистой флоры сфагнового болота является болотная сосна Pinus silvestris L., и наиболее характерным признаком ее болотной разновидности является строение корневой ее системы. Болотная сосна совсем не обладает вертикальным стержневым корнем, и прямо от корневой шейки развиваются боковые корни, причем последние обладают отрицательным геотропизмом, развиваясь по мере своего удлинения по отлого восходящему наклонному направлению. Такого рода характер развития позволяет корням сосны в продолжение всего времени своего развития в длину не покидать поверхностных, относительно более богатых содержанием зольных элементов, горизонтов торфа, в которых и осуществляется зольное питание древесной растительности сфагнового болота.

В начальных стадиях развития сфагнового болота на нем встречаются также ель Picea excelsa Link., лиственница Larix sibirica Ledb., болотная береза Betula humilis Schrank., более крупные кустарниковые ивы Salix cinerea L., S. aurita L., S. angustifolia Willd. и изредка крушина Rhamnus frangula L., S. Myrica gale L., но в дальнейшем развитии болота из более крупных представителей древесной растительности остается лишь болотная сосна, остальная же деревянистая флора представлена приземистыми ползучими кустарниками Betula nana L., Salix myrtilloides L., S. repens L., S. lapponum L., которые, благодаря своим приподнимающимся и во все время своего роста в длину укореняющимся ветвям, рассеиваются в виде равномерной примеси по всей поверхности болота. Новым деревянистым элементом, отличающим растительное сообщество сфагнового болота от предыдущего сообщества зеленомохового болота, являются вересковые кустарники и ягодные полукустарники. Из первых широким распространением пользуются Ledum palustre L., Lyonia calyculata Rchb. Adromeda poliifolia L. и менее часто встречающаяся Empetrum nigrum L. и, наконец, обыкновенный вереск Calluna vulgaris Salisb., из вторых наиболее посто-

янным спутником сфагнового болота является клюква Vaccinium oxycoccos L., настолько постоянным, что на народном языке моховое болото и клюквенное болото являются синонимами; кроме клюквы, широким распространением пользуются Vaccinium uliginosum L., V. vitis idaea L., Rubus chamaemorus L. и R. arcticus L. Все эти растения обладают наклонно восходящими или стелющимися ветвями, которые по мере погребения их нарастающим сфагновым ковром дают многочисленные корни, расползающиеся по горизонту свежеотмершего мха. Все вышеназванные деревянистые и полукустарниковые члены сообщества сфагнового болота принадлежат к микотрофно питающимся. Роль и значение деревянистых микотрофно питающихся представителей болотной флоры в механизме зольного питания всего растительного сообщества болот достаточно освещена в предыдущем изложении, и в данной стадии развития болота эта роль лишь приобретает особо выдающееся значение, вследствие чего мы и замечаем совершенно равномерное распределение этих растений по поверхности мохового болота.

Здесь следует отметить, что ко времени наступления сфагновой стадии развития болота поверхность его, начавшая уже в конце зеленомоховой стадии подниматься, благодаря накоплению массы мертвого органического вещества, значительно выше окружающей болото минеральной почвы, начинает приобретать сильно выраженную, даже на глаз заметную, выпуклую форму, напоминающую пологий свод. Благодаря такой выпуклой форме поверхности болота атмосферные воды, не могущие проникнуть вглубь абсолютно непроницаемой насыщенной водой массы торфа, медленным током, пробираясь по горизонту рыхлой живой сети мохового покрова, сбегают к периферической его области. Как ни совершенны приспособления флоры болота, предназначенные к перехватыванию и уловлению элементов зольного питания растений, все же к периферической области болота притекает несколько большее их количество, и так как эти элементы находятся в состоянии минеральных соединений, то на

основе этого притока зольной и азотной пищи вокруг всякого массива сфагнового болота образуется более или менее широкая периферическая область, занятая богато развитой автотрофной растительностью, и так как та же область отличается постоянной пропитанностью почвы водой, благодаря беспрерывному притоку ее из области болота, на ней развивается богатая флора осок и корневищевых злаков, обладающих приспособлениями для существования в среде, пропитанной застойной водой, — развивается характерное осоково-травяное болото, составленное крупными, образующими кочки осоками и такими злаками, как Phragmites communis Trin., Catabrosa aquatica Pal. Beauv., glyceria aquatica Whlbg., Scolochloa festucacea Link., и всеми спутниками осоково-травяного болота — ольхой, ивами, болотной березой и массой травянистых спутников такого болота, о которых мы упоминали выше. Само собою разумеется, что зона осоково-травяного болота, всегда окружающая всякий массив сфагнового болота, подчиняется общему закону эволюции болота, и постепенно накопляя массу мертвого органического вещества, эволюционирует в стадию зеленомохового болота и в дальнейшем сливается с основной массой сфагнового болота, и зона осоково-травяного болота беспрерывно отодвигается от центральной области болота. Таким образом осуществляется рост мохового болота в направлении его горизонтального распространения, и совершенно ясно, что наиболее молодые части болота будут сосредоточены по его периферии; в этой разнице возрастов центральной и периферической части мохового болота и кроется причина его выпуклой формы — очевидно, что более старые центральные области болота имеют возможность накопить бо́льшее количество мертвого органического вещества.

По мере роста сфагнового болота в направлении его горизонтального распространения оно погребает под своей толщей все элементы рельефа рухлякового покрова страны, оставляя лишь изредка наиболее возвышенные части его, которые и встречаются

в виде островов минеральной почвы среди обширных площадей болот, до тех пор, пока и они не разделят общей участи других элементов рельефа. Хотя моховой покров, одевающий завоеванную им территорию, и стремится к нивеллировке всего первоначального рельефа рухлякового покрова, но ясно, что такое выравнение поверхности будет происходить с последовательной постепенностью, касаясь первоначально мелких деталей рельефа, и лишь по мере нарастания мощной толщи торфа под ней скроются следы главных элементов рельефа. Поэтому в центральной части мохового болотного массива мы всегда встречаем однородную ровную выпуклость, и только по мере удаления от этой центральной области начинает проявляться слабая волнистость рельефа всего болота — отражение погребенных водоразделов и тальвегов первичного рельефа минерального покрова области. По поверхности этих погребенных тальвегов осуществляется и ток атмосферной воды с поверхности болота. Сток воды по причине колоссального механического сопротивления, представляемого сложной запутанной сетью биологических элементов поверхности болота, совершается с чрезвычайной медленностью, и в результате этой медленности периодический приток атмосферной воды к поверхности болота обращается в равномерный непрерывный поток воды, стремящейся по поверхностному живому рыхлому горизонту болота, и с устойчивым постоянством этот ток, сбегая по смягченным в своих контурах отрицательным элементам рельефа, скоро соединяется в настоящие потоки, питающие реки, вытекающие из болот. Очевидно, что масса воды, заключенная в толщу торфа болота, вследствие своей полной неподвижности — результата законов передвижения воды по волосной среде — совсем не принимает участия в питании болотных рек, постоянство уровня которых поддерживается исключительно величиной сопротивления поверхности болота стоку с нее атмосферной воды.

Существование на поверхности мохового болота смягченных тальвегов и водораздельных пространств определяет собою

и существование на нем двух типов областей распределения членов растительного сообщества мохового болота. Раз на территории выражены, хотя бы и в самой слабой степени, два основные элемента рельефа — водоразделы и тальвеги, то этим самым определяется и наличность двух областей той же территории — области вымывания, соответствующей водораздельным пространствам, и области вмывания, соответствующей элементам тальвега, причем вследствие закона прогрессивного замедления ток воды, стекающий по наклонному водопроницаемому горизонту, о котором мы говорили в начале настоящей книги, последняя область вмывания должна занимать тем большее пространство в направлении, перпендикулярном к направлению уклона тальвега, чем меньше уклон последнего и чем больше величина сопротивления водопроницаемой среды сбегу воды. Очевидно, что на моховом болоте, где уклоны тальвегов сильно смягчены одевающим их торфяным слоем и где сопротивление мохового покрова стоку воды очень велико, и область вмывания должна занимать значительную долю всего пространства территории.

Очевидно, что ток или, вернее, слой воды, беспрерывно омывающий всю поверхность мохового болота, не может увлечь за собою какие бы то ни было форменные элементы с поверхности болота через сложную запутанную сеть живых, частых биологических элементов болота, но несмотря на всю силу сопротивления тех же элементов выщелачиванию элементов зольного питания растений и азота, току воды все-таки удается увлечь в растворе часть этих веществ из области вымывания, и очевидно, что все количество вымытых соединений должно пройти в еще более замедленном токе через область вмывания, т. е. по едва зметным тальвегам мохового болота. Такая неравномерность распределения элементов зольного питания растений и азота должна неминуемо отразиться на составе флоры болота, и действительно, мы видим резко бросающиеся в глаза результаты этого явления в порядке распределения по территории бо-

лота двух групп травянистых растений симбиотрофного и автотрофного типа питания. Первая группа симбиотрофных травянистых растений представлена преимущественно осоками, злаками и орхидейными; все эти растения обладают чрезвычайно длинными корневищами, снабженными обильными микотрофными корнями,и в поражающем несоответствии с развитием корневищ они обладают небольшими тощими листьями, едва возвышающимися над общим уровнем мохового ковра, и такими же тонкими слабыми стеблями, несущими ничтожное количество цветов, образующих еще меньшее количество плодов; и даже цветоносные стебли образуют не каждый год. К таким членам растительного сообщества сфагнового болота принадлежат Carex dioica L., C. pauciflora Lightf., C. chordorhiza Ehrh., C. limosa L., C. teretiuscula Good., C. loliacea L., Agrostis canina L., Molinia coerulea Moench., Listera ovata R. Br., L. cordata R. Br., Herminium monorchis R. Br., Epipactis palustris Crantz., Malaxis paludosa Sw. Только ролью этих травянистых растений в определении азотного питания сфагнума можно объяснить, что эти жалкие, едва влачащие существование растения окончательно не вытесняются сфагнумом и не поглощаются моховым покровом; на этой роли мы подробно останавливались выше.

Как только мы переходим в область едва заметных простому глазу тальвегов мохового болота — в область вмывания, так постепенно симбиотрофная флора мохового болота начинает исчезать и постепенно появляются автотрофно питающиеся травянистые растения, пока, по мере приближения к низшей линии тальвега, или к периферическим их концам, или к периферии болота, автотрофная флора окончательно не вытеснит симбиотрофных представителей травянистой флоры мохового болота и не достигнет значительной роскоши развития. В верхних частях тальвегов и в центральной части области вмывания автотрофная флора мохового болота представлена обычно видами Scirpus caespitosus L., S. pauciflorus Lightf., Rhynchospora alba vahl., Juncus biglumis L., J. stygius L., Deschampsia

flexuosa Trin., Agrostis alba L. далее присоединяются Scheuchzeria palustris L., Triglochin palustris L., Eriophorum vaginatum L., Potentilla palustris Scop., Saxifraga hirculus L. Carex heleonastes Ehrh., C. lasiocarpa L., C. muricata L., еще далее появляются Carex canescens L., C. ampullacea Good., C. vulpina L., C. vulgaris Fr., C. paradoxa Willd., и к ним присоединяются Menyanthes trifoliata L., Lysimachia thyrsiflora L., Calla palustris L., Scirpus lacustris L., Equisetum limosum L., и по периферической области вмывания и в конце тальвегов появляются Phragmites communis Trin., Glyceria aquatica Whlbg., и моховое болото незаметно сливается с периферической зоной осоково-травяного болота.

Во все время существования сфагнового периода болота беспрерывно протекают изменения отношений в количественном содержании вышеперечисленных основных четырех групп членов растительного сообщества сфагнового болота. Эти изменения представляют яркое отражение наличного состояния питательного режима всего комплекса биологических элементов болота и находят себе не менее яркое выражение в порядке чередования различных по своим качествам слоев торфа мохового болота. Обычно всякий разрез торфяного сфагнового болота тотчас за подстилающим его горизонтом гипнового торфа начинается более или менее резко выраженным горизонтом темноцветного торфа, содержащего значительное количество корней. упавших стволов и пней, находящихся в своем природном положении, сосны, к которой примешивается некоторое количество остатков березы и ольхи. Эти древесные остатки погребены торфом, в котором остатки сфагнума играют подчиненную роль; также не обильно представлены и остатки кустарников и полукустарников; зато главную массу представляют остатки осок и других травянистых растений. Эта темноокрашенная прослойка, занимающая обычно несколько десятков сантиметров в толщину, постепенно переходит в светлоокрашенный горизонт торфа, в котором главная масса состоит из остатков сфагнума, прони-

занного редкой сетью корневищ, корней и стеблей кустарниковой растительности болота и травянистых растений; выше этого горизонта залегает прослойка, обычно тонкая, не более двух-трех сантиметров, состоящая из преобладающего количества остатков травянистой флоры и с подчиненным содержанием остатков мха и деревянистых пней, далее следует горизонт с преобладанием сфагнума, за ним опять прослойка с преобладанием травянистых остатков, и таким образом чередуются попеременно десятки горизонтов мохового торфа с прослойками торфа травянистых растений — осокового, пушицового, шейхцериевого.

Иногда на длинных продольных разрезах болот можно наблюдать, что все эти прослойки приобретают наклонное направление, и такое падение слоев связано обычно с увеличением мощности прослоек торфа травянистых растений и уменьшением мощности горизонтов мохового торфа, который приобретает часто характер прослоек, разделяющих горизонты пушицевого, осокового или шейхцериевого торфа. По мере увеличения числа и тех и других прослоек торфа их мощность все больше и больше уменьшается, и в более старых мощных торфяных залежах опять прорезывает всю толщу торфа горизонт сосновых пней и стволов с их спутником — темноокрашенным травянистым торфом. Новая прослойка торфа с сосновыми пнями обычно отличается как меньшей мощностью по сравнению с первой, более глубокой, так и тем, что остатки деревьев в ней отличаются меньшей толщиной. Вслед за этой второй прослойкой соснового торфа вновь начинается такое же, как и после первого его горизонта, чередование торфа сфагнового и торфа травянистых растений с той лишь разницей, что прослойки того и другого торфа делаются все более тонкими по мере удаления их от дна болота.

Таких прослоек пней и поваленных стволов в очень мощных сфагновых болотах может быть три, четыре и больше.

По мере удаления от дна болота цвет сфагнового торфа

становится все более светлым, и это посветление зависит не только от большей степени разложения всех слоев торфа по мере приближения ко дну болота, но главным образом от все более уменьшающегося содержания в нем остатков травянистой растительности по мере удаления от дна болота. В особенно резкой степени этот более темный цвет присущ самому нижнему — первому слою мохового торфа, заключенному между двумя горизонтами сосновых пней. В этом слое количество темноокрашенных остатков травянистых растений особенно велико и вместе с темной окраской торфа все увеличивается по мере приближения ко дну болота.

Как только концентрация зольных элементов питания растений в конце зеленомохового периода болота в поверхностном горизонте болота достигает такой минимальной величины, что обычные микотрофные члены его уже не в состоянии собрать достаточного количества этих элементов, необходимых для поддержания их текущего прироста и для обеспечения развития автотрофных членов сообщества, так тотчас начинается отмирание всех членов господствовавшего растительного сообщества и постепенное замещение их членами сообщества сфагнового болота. Первой обыкновенно появляется болотная сосна, которая, благодаря своей широчайше раскинутой корневой системе, находит в сравнительно еще богатой среде достаточное зольное питание для образования деревьев значительной величины. Но, связывая значительное количество зольных элементов в виде многолетнего органического вещества, сосна во время своего роста не может повлиять на улучшение условий развития автотрофной флоры, и представители ее, господствовавшие в течение зеленомохового периода, должны уступить место лучше приспособленным видам сфагнового периода.

Как ни медленно совершается прирост сфагнового торфа в этот — начальный период, но он все-таки совершается, и в результате его нарастающий живой сфагнум и подстилающий его сфагновый торф перерастают корневую шейку сосны и погре-

бают ее настолько толстым слоем, что проникновение к ней кислорода воздуха прекращается, и все сосновое насаждение начинает отмирать в течение очень короткого промежутка времени, так как оно состоит из приблизительно одновозрастных деревьев. После отмирания деревьев сосны они начинают разрушаться в нижней своей части грибами, которые поселяются на границе живого сфагнума и по мере нарастания его уровня передвигаются вверх, разрушение же погребенной мхами древесины прекращается вследствие недостатка воздуха, не проникающего в горизонт отмершего мха. Вследствие этого пни сосны, погребенной ковром сфагнума, приобретают конически заостренные вершины, и когда основание их достигнет предельной толщины, засохшие деревья падают на поверхность болота под действием ветра. Такое уничтожение соснового леса, росшего на болоте, совершается также в сравнительно короткий промежуток времени, и в течение нескольких лет поверхностный горизонт болота испытывает обильный приток зольных элементов питания растений, являющийся результатом грибного разложения массы деревянистого органического вещества, сразу обогатившего поверхность болота.

Под влиянием изобильной минеральной пищи вспыхивает обильная флора автотрофных растений, преимущественно осок, злаков и кислых злаков, среди которых сфагнум теряется. Но эта вспышка недолговечна. Мертвые органические остатки автотрофной флоры, попадая в условия анаэробиозиса, отлагаются в массе торфа, который, быстро нарастая в вышину, погребает источник обильного зольного питания — упавшие мертвые стволы сосны, и минеральные соединения зольной пищи переходят в темноокрашенные мертвые органические остатки автотрофных осок и злаков. Таково происхождение темноокрашенного торфа, всегда сопутствующего горизонту сосновых пней в сфагновом болоте.

После периода господства сосны на поверхности болота верхние горизонты его обогащаются зольными элементами и азотом,

находящимися в состоянии органического вещества, и питательный режим всего комплекса флоры болота становится в зависимость от деятельности микотрофной деревянистой и травянистой флоры его. Элементы пищи, переносимые этой флорой на поверхность болота, служат главным образом для поддержания развития сфагнума, как наиболее приспособленного к существованию в создавшихся условиях. Не испытывая резкого недостатка в элементах питания, сфагнум развивается быстро и заглушает и погребает под собою остатки автотрофной флоры, образуя горизонт торфа, состоящего из его остатков, пронизанных сетью отмерших частей микотрофной деревянистой и травянистой флоры.

Но быстрый рост мха влечет за собою необходимость для микотрофной флоры следить за повышением его уровня, и обогащенная деятельностью сосны прослойка осоково-травяного торфа остается мало использованной, и под влиянием незначительного притока элементов пищи развитие мохового покрова в сильной степени умеряется в своей быстроте, и поверхность болота приобретает новый вид. Пользуясь временной задержкой в быстроте развития сфагнума, болото покрывается густым ковром микотрофной флоры, как травянистой, так и полукустарниковыми и кустарниковыми ягодными растениями, вересковыми и орхидейными. Невольно обращает на себя внимание изобилие в этом периоде ягодных кустов — клюквы Vaccinium oxicoccos L., гонобобеля Vaccinium uliginosum L., морошки Rubus chamaemorus L., поленики Rubus arcticus L., брусники Vaccinium vitis idaea L., водяники Empetrum nigrum L., и невольно напрашивается объяснение этого изобилия, как биологического приспособления для приманки сочными вкусными ягодами животного населения, преимущественно птиц, которые, прилетая для пастьбы на этих ягодах, будут оставлять на поверхности болота в форме своих экскрементов зольные элементы пищи растений и азот, происходящие из других областей территории, преимущественно лесов. Богатое развитие

микотрофной флоры, не побуждаемое к быстрому росту вверх в погоне за возвышающимся уровнем мохового ковра, позволяет ей в значительной мере исчерпать зольные элементы нижележащего пласта торфа и вновь обогатить поверхность болота необходимыми элементами, но как только накопилась тонкая прослойка мертвых остатков этой флоры и начинается аэробное их разложение, так тотчас торфяной мох, получивший новый стимул для своего развития, вновь начинает быстро развиваться вверх, погребает тонкую прослойку темного торфа, и все остальные биологические элементы мохового болота вновь принуждены тянуться вверх, чтобы не быть погребенными быстро нарастающей толщей сфагнового торфа. Такими чередующимися перерывами рост мохового болота будет продолжаться до тех пор, пока количество элементов золы, собранное на поверхности во время господства сосны, не будет распределено по мощной толще торфа, в которой нижние горизонты все-таки будут несколько богаче верхних элементами зольной пищи по причине, о которой мы уже упоминали выше, и концентрация элементов пищи растений в верхних горизонтах торфа достигнет такого минимального содержания, что обычная микотрофная флора болота не будет в состоянии собрать достаточного ее количества для поддержания как своего существования, так и зависящего от нее торфяного мха, и тогда на поверхности болота вновь наступает продолжительная задержка роста в вышину сфагнума, и вновь на болоте поселяется сосна.

Новый период развития сосны, очевидно, должен отличаться от предыдущего меньшей силой роста деревьев как в вышину, так и прироста их в толщину вследствие того, что в распоряжении их будет находиться гораздо меньшее количество элементов зольной пищи. С появлением нового периода господства сосны на поверхности болота все явления, о которых мы только что говорили, повторятся в том же порядке, с тою лишь разницей, что, вследствие все уменьшающегося содержания зольных элементов в почве болота, все последовательные периоды

господства на поверхности болота то сосны, то сфагнума, то травянистой и кустарниковой микотрофной флоры будут делаться все короче, и это сокращение периодов господства различных членов растительного сообщества мохового болота отразится и на последовательном уменьшении мощности всех слоев и прослоек торфяного болота.

Смена различных членов растительного сообщества сфагнового болота, совершающаяся в определенном последовательном порядке на повышенных элементах рельефа болота, не остается без влияния и на составе растительных сообществ тальвегов болота, по крайней мере, в более центральных частях их; что же касается периферических частей тальвегов и кольца травяно-осокового болота, опоясывающего массив мохового болота, то на составе флоры этих элементов болота изменение состава сообщества его центральной области, повидимому, не отражается, и если и осуществляется вообще какое-нибудь влияние, то оно касается лишь степени развития флоры этих элементов болотного массива. По крайней мере, можно отметить, что в тех случаях, когда центральная область находится в стадии соснового болота, растительность периферической области того же массива отличается чрезвычайной роскошью своего развития, и, наоборот, вокруг болотного массива, находящегося в стадии преобладания сфагнума, обычно залегает периферическая область с настолько бедной растительностью, что иногда преобладают открытые поверхности воды. Что касается верхних центральных элементов тальвегов мохового болота, в которых флора состоит часто лишь из двух основных элементов — сфагнума и автотрофных представителей их флоры — пушицы Eriophorum vaginatum L. или шейхцерии Scheuchzeria palustris L. и в которых микотрофная флора, особенно деревянистая, часто представлена настолько неполно, что можно говорить о полном ее отсутствии, то смена господства сфагнума и микотрофной флоры на возвышенных элементах болота отражается таким же господством сфагнума в пониженных областях болота в пери-

оде его господства на возвышенных элементах и преобладанием наличности автотрофной флоры в тальвегах в периоде господства микотрофной флоры на повышениях массива болота. В периоде господства сосны на последних областях и в непосредственно за ним следующее время господство автотрофной флоры на понижениях болота может доходить до такой степени выражения, что дает возможность говорить о чистых зарослях пушицы или шейхцерии. Причина таких соотношений понятна — во время господства сфагнума с повышенных элементов рельефа болота стекает почти чистая вода вследствие высокой способности сфагнума усваивать малейшие следы зольной пищи из окружающего раствора, тогда как во время господства сосны или другой микотрофной флоры приток зольных элементов к поверхности болота настолько велик, что автотрофная флора повышений болота, ослабленная в своем развитии затенением господствующей растительности, не успевает усвоить всего притекающего количества пищевых элементов, и часть их проникает с током воды в понижения рельефа болота.

Тот факт, что в торфе мохового болота всегда содержится некоторое количество зольных элементов питания растений, вместе с фактом ограниченности первоначального запаса, имевшегося в распоряжении флоры болота в ранние стадии его развития, определяют собою необходимость смены растительного сообщества мохового болота какой-нибудь другой группой биологических элементов, имеющих в основе своего питания какой-либо иной принцип, чем лежащий в основе питания отмирающего растительного сообщества.

Характерным признаком критического минимума содержания зольных элементов в поверхностных горизонтах болота являются постепенное отмирание различных групп членов растительного сообщества мохового болота и появление новых его членов. Ранее других отмирают автотрофные травянистые растения, и за ними следуют симбиотрофные травянистые растения, и механизм азотного питания оставшихся мхов и деревянистых мико-

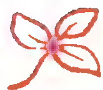
трофных растений переходит в иную комбинацию биологических отношений, которые складываются, благодаря появлению на поверхности болота новой группы насекомоядных растений. В средних и северных широтах эта группа представлена росянками Drosera rotundifolia L., D. anglica Huds., D. intermedia Hayne и жирянками Pinguicula vulgaris L. и P. alpina L., основывающими свое азотное и зольное питание на ловле насекомых и, в свою очередь, мхи усваивают минеральные продукты аэробного разложения мертвых остатков этих растений и своими отжившими частями питают микотрофную деревянистую флору.

Появление насекомоядных растений на поверхности мохового болота представляет, так сказать, последнее усилие всего биологического комплекса в борьбе за свое существование. Очевидно, что такой случайный элемент, как прилет насекомых, не может служить твердой опорой для обеспечения всего массива болотной флоры зольной и азотной пищей, тем более, что в этих последних стадиях своего развития болото занимает обыкновенно большие пространства, часто измеряемые сотнями квадратных километров, и мелкие насекомые, служащие пищей для насекомоядных растений наших широт, не способны к далеким перелетам, и зольные элементы и азот, заключающиеся в их телах, по большей части происходят с поверхности того же болотного массива, на котором они находятся в состоянии критического минимума.

Результатом всей совокупности этих явлений представляется процесс дальнейшего отмирания членов растительного сообщества мохового болота. Начинает постепенно исчезать кустарниковая и полукустарниковая флора болота, за ней следуют и последние остатки изреженных болотных сосен, и наконец, начинают появляться плешины среди мохового ковра. Гибель сфагнума причиняется массовым развитием на нем многочисленных лишайников, живущих как на живых еще растениях, так и переселяющихся на мертвую поверхность торфа после отмирания мохового покрова. Виды лишайников, поселяющихся

на сфагнуме и на поверхности торфа, многочисленны и из них особенно широким распространением на живых мхах пользуется Lecidea verrucula Norm. и таким же массовым распространением на поверхности мертвого торфа Ochrolechia tartarea L. Кроме этих двух лишайников очень часто встречаются: Pertusaria bryantha Ngl., P. oculata Dicks., P. glomerata Schaer., Bacidia muscorum Sw., B. sabulosa Koerb., B. ligniaria Ach., B. accendens Arn., B. sphaeroides Dicks, B. trisepta A. Zahll, B. atrosanguinea Th. Fr., B. sabulatorum Flk., B. obscurata Somf., Lecidea muscorum Wulf., L. crassipes Th. Fr., L. vernalis Ach., L. globifera Ach., L. fusca Th. Fr., L. limosa Ach.

Лишайники покрывают голую поверхность торфа часто сплошной серой мелкозернистой коркой, и так как вследствие гибели мохового покрова условия питания оставшихся живых растений мха и его уже изреженных спутников улучшаются вследствие отсутствия конкуренции отмерших растений, моховой покров вокруг пространств поверхности болота, занятой лишайниками, скоро возвышается над уровнем последних и получающееся углубление заполняется атмосферной водой, и вся поверхность болота испещряется лужами. По мере дальнейшего роста оставшегося сфагнума и отмирания отдельных его участков лужицы сливаются между собою в небольшие озерки, движение волн на последних размывает их берега и скоро на поверхности болота образуется уже озеро, окруженное сфагновыми берегами и подстилаемое мертвой массой торфа. Такое озеро характеризуется почти полным отсутствием в воде в нем содержащейся даже следов элементов зольного питания растений, и в биологическом отношении оно совершенно мертво. Начиная с этого последнего периода в развитии мохового болота, дальнейший рост его прекращается, и мертвая масса торфа подвергается воздействию лишь геологических агентов поверхности земли, которые приводят к уничтожению массива болота и образованию на продуктах его разрушения новых растительных сообществ и новых почвенных образований.



## ГЛАВА ПЯТАЯ

*Влияние рельефа страны на проявление дернового процесса. Схема эволюции элементов рельефа страны. Элементы поймы и внепойменные элементы рельефа. Основные типы речных долин. Области поймы. Зернистая пойма и ее генезис. Водный и питательный режим зернистой поймы. Растительное сообщество зернистой поймы. Почвенные разности областей центральной зернистой поймы. Основное свойство лугов центральной зернистой поймы. Слоистая пойма и ее генезис. Водный и питательный режим слоистой поймы. Растительные сообщества слоистой поймы в зависимости от рельефа ее. Луга высокого, среднего и низкого уровня. Притеррасная пойма. Различие и сходство условий ее водного и питательного режима в речных долинах двух основных типов. Притеррасная пойма речных долин первого типа. Свойство воды, пропитывающей почву притеррасной поймы. Народнохозяйственное значение области притеррасной поймы. Периферическая зона притеррасной поймы, ее питательный режим. Биологические особенности корневищевых злаков этой области. Растительное сообщество, ее покрывающее. Центральная область притеррасной поймы, ее питательный режим и растительное сообщество, ее покрывающее. Область расширения притеррасной поймы, ее генезис, водный и питательный режим и растительное сообщество. Притеррасная пойма речных долин второго типа. Третий тип притеррасной поймы. Причины спелости торфа. Причины развития притеррасного болота. Водораздельные болота. Дерновый процесс на бугристых песках. Их питательный и водный режим. Растительные сообщества бугристых песков. Междюнные болота. Дерновый процесс на элементах склонов. Процесс зарастания озер. Классификация угодий природной кормовой площади.*

Соотношения между рельефом местности, водным режимом ее и режимом азотного и минерального питания в смысле количественной обеспеченности последнего детально были ра-

зобраны в предыдущих главах, и поэтому, не касаясь этих соотношений, мы в настоящей главе займемся изучением влияния рельефа на распределение по его элементам различной интенсивности выражения хода развития дернового процесса, что должно пролить свет на основные свойства луговых угодий, расположенных на различных элементах рельефа местности, так как свойства луга во всякий данный момент наблюдения представляют не более, как определенный статический момент динамического процесса эволюции дернового процесса, и практическое значение имеет лишь такого рода изучение луга, которое уясняет не только его бывшее и будущее состояние, но и быстроту хода всех совершающихся на нем изменений. Знание быстроты течения, с которой совершается на лугу неизбежный процесс эволюции дернового процесса, дает нам представление об интенсивности тех практических мероприятий, при посредстве которых мы стремимся растянуть во времени тот период развития дернового процесса, который наиболее близко соответствует нашим практическим требованиям, предъявляемым к лугу, как хозяйственному угодью, а равно освещает и степень длительности влияния этих практических мероприятий, или, другими словами, дает нам основание для хозяйственной оценки лугового угодия и позволяет наметить путь рациональной как естественно-научной, так и хозяйственно-экономической классификации лугов, как природных элементов ландшафта страны и как элементов хозяйственного и народнохозяйственного использования единственного реального богатства страны — элементов зольного и азотного питания ее населения.

Геологическими агентами, принимающими непосредственное участие в распределении по поверхности страны рухляковых продуктов выветривания массивных горных пород, или, другими словами, принимающими непосредственное участие в эволюции форм рельефа страны, являются вода и воздух. Лишь в сравнительно редких случаях первичный рухляковый

покров страны обладает таким свойством или отлагается в таких условиях, чтобы воздух мог оказывать непосредственное влияние на перенос и перераспределение элементов этого покрова и в особенно широком смысле это касается рухлякового покрова, отложенного ледником великого оледенения. Мы уже упоминали, что после отступления ледника освобождаемая им территория имела вид так называемой предельной равнины, покрытой сплошной сетью повышений, обладающих мягкими закругленными контурами и охватывающих на беспредельных пространствах бесконечные количества плоских замкнутых понижений, в которых застаивалась атмосферная вода в виде неглубоких многочисленных озер. В периоды наиболее обильного притока атмосферных осадков замкнутые бассейны ледникового ландшафта переполнялись, вода переливалась через наименее возвышенные окружающие их гряды и, повинуясь законам движения капельно-жидкой воды, стремилась по направлению общего уклона страны. Многократные повторения этого явления привели к обособлению постоянных путей, по которым стекал избыток поверхностных — делювиальных вод, замкнутые бассейны постепенно спускались вследствие размыва окружающих их повышений в местах наименьшей их абсолютной высоты, и образовалась сложная сеть протоков поверхностных вод.

По мере развития этой сети протоков общая длина их, составляющая одну систему, направляющую стекающую воду к общему ее вместилищу — морю, становилась все большею, и путь, который должна была пройти вода верхних частей сети, к которой присоединялись все новые элементы, становился все длиннее. Вместе с тем развитие на обсохших частях рельефа биологических элементов влияло на увеличение механического сопротивления стеканию воды с поверхности почвы, и это задержание воды на поверхности рухлякового покрова повлекло за собою обособление горизонта почвенной и грунтовой воды, движение которых по направлению общего уклона местности

было еще более замедленным благодаря сопротивлению массы среды.

Под совокупным воздействием всего комплекса влияний течение воды в нижних элементах сети протоков из периодического обратилось в непрерывное — обособились постоянно действующие аллювиальные протоки — реки — от делювиальных протоков, по которым вода скатывалась лишь периодически.

Благодаря беспрерывности воздействия воды аллювиальных протоков на подстилающие ее породы, русло рек в нижних своих элементах скоро достигало водоносных горизонтов рухляка, по которым текли грунтовые воды, и здесь постоянство высоты уровня рек стало еще большим, благодаря большей величине сопротивления среды, определяющей более медленное течение, а следовательно, более равномерный приток грунтовой воды.

Периодичность усиленного притока атмосферной воды к поверхности страны и особенно периодичность обращения в капельно-жидкое состояние всей массы твердых зимних атмосферных осадков обусловливают собой сильные колебания уровня воды в аллювиальных потоках и распределение этого временного избытка в широкой аллювиальной долине потока, ширина которой является следствием постоянства течения воды в аллювиальном потоке, который, подмывая один берег, отступает от другого и беспрерывно стремится к расширению своей долины.

Таким образом, вся территория страны распадается на группы элементов — одних, которые находятся под периодическим влиянием разлива по их поверхности избытка аллювиальной воды,— *элементы поймы*, и других, которые находятся под исключительным влиянием делювиальных потоков воды,— *внепойменные элементы рельефа*; первые прорезывают вторые в виде более или менее извилистых полос, ширина которых может колебаться в очень широких пределах. Как в той, так

и в другой области рельефа природные луга занимают значительную часть территории, причем преобладающее значение они имеют в области поймы, где периодические разливы рек часто сильно затрудняют обращение их в полевые угодья. Обе эти области отличаются друг от друга по тому признаку, что на внепойменной области в более или менее одинаковой мере представлены как процессы сноса, так и процессы наноса элементов первоначального рухлякового покрова, тогда как в области поймы пользуются исключительным господством процессы наноса тех же элементов, смытых делювиальными потоками с поверхности внепойменных элементов рельефа. Кроме того, как в той, так и в другой области представлены вторичные процессы переноса элементов рухляка движением воздуха — развевание и навевание элементов первоначального рухлякового покрова, подвергшихся предварительной сортировке струями воды делювиальных или аллювиальных потоков.

Мы не будем входить здесь в детальный разбор геологического генезиса различных элементов рельефа, подробно изучаемых в динамическом почвоведении и в динамической геологии, а остановимся лишь на проявлении деятельности биологических элементов — травянистого растительного покрова этих областей. В этом последнем отношении область поймы представляет тот интерес, что на ней свойства наносимого рухлякового покрова — почвы выражены настолько резко и однообразно в пределах определенных типов этого покрова, что они в значительной мере парализуют влияние широтных колебаний в напряжении основных климатических элементов. Поэтому изучение этой области дает возможность как бы изолировать влияние материальных агентов рухлякового покрова от влияния энергетических и материальных агентов климата, т. е. атмосферических и космических, что в значительной мере облегчает задачу установления ближайшей причинной зависимости между явлениями биологическими и абиотическими условиями той обстановки, в которой они протекают.

Мы отличаем пойму главных рек от поймы второстепенных их притоков. Пойма главных водных артерий страны служила руслом, по которому стекали в море подледниковые потоки, после того как они, стекая по уклонам рельефа коренной породы, сливались в подледниковые реки. Вследствие этого пойма главных рек свободна от несортированных ледниковых наносов, и на поверхности коренной породы страны в этой части области поймы залегают только полусортированная поддонная морена, так называемые нижние валунные или безвалунные аллювиальные пески, на которых непосредственно покоятся новейшие послеледниковые аллювиальные отложения. Область поймы второстепенных рек обособилась уже после отступления ледника, как результат размыва элементов рельефа послеледникового ландшафта, и новейшие аллювиальные отложения в ней залегают на основной морене или иногда на продуктах перемыва основной морены, на грубом элювии морены, имеющем все признаки нижних аллювиальных песков, кроме одного — эти валунные или безвалунные пески всегда залегают на основной морене, постепенно в нее переходя, последняя же залегает на поддонной морене, незаметно с нею сливаясь, и только ниже поддонной морены лежит коренная порода. Результатом такой разницы в условиях залегания пойменных отложений главных и второстепенных рек является то, что аллювиальные наносы первых залегают непосредственно на водоносном горизонте грунтовой воды, не иссякающей в продолжение круглого года, и грунтовые воды, стекающие под напором по горизонту нижних аллювиальных песков, представляющих одно непосредственное целое с горизонтом нижних делювиальных песков, подстилающих всю основную морену внепойменной области рельефа страны, играют значительную роль в водном режиме пойменных отложений больших рек. Что же касается пойменных наносов второстепенных рек, то они отрезаны от горизонта грунтовой воды более или менее мощным слоем основной морены, нижние горизонты которой,

поддерживаемые в своей равномерной влажности непрекращающимся напором грунтовой воды, совершенно не содержат трещин, образующихся в рухляковой породе под влиянием сокращения ее объема при высыхании, и поэтому проникновение грунтовой воды в горизонт основной морены возможно только под действием волосного поднятия, которое в этих условиях может осуществиться весьма несовершенно вследствие большой плотности нижних слоев основной морены, не могущих вследствие давления вышележащей массы породы увеличиться в объеме при проникновении в них волосной воды. Кроме того, отделяющий основную морену от пойменных наносов горизонт элювия морены представляет совершенно непроходимую для восходящего волосного тока воды преграду, и этот горизонт служит в качестве водоносного горизонта — проводника той воды, которая просачивается в него из пойменных отложений, лежащих над ним.

Таким образом, пойменные отложения второстепенных рек по характеру своего водного режима не отличаются качественно от делювиальных потоков области внепойменных элементов рельефа, с которыми они в верхних частях небольших рек и речек совершенно незаметно сливаются.

Русло реки извивается обыкновенно по своей долине, прижимаясь и подмывая по очереди то правый, то левый коренной берег, и благодаря этому область поймы бывает обыкновенно разделена на участки, лежащие поочередно то на правом, то на левом берегу русла и ограниченные со стороны, противоположной руслу, террасой то левого, то правого коренного берега. Только в реках, текущих в меридиональном направлении, область поймы бывает часто расположена вся целиком на одном берегу русла, тогда как противоположный берег русла представляет подмываемый коренной берег. Наконец, русло реки может извиваться среди отложений последней, не достигая коренных берегов, и тогда область поймы тянется непрерывной полосой, то расширяясь, то вновь суживаясь, по обеим берегам,

и в случае вступления русла в область твердой неразмываемой породы область поймы может совсем не быть выраженной.

В геологическом отношении область поймы делится, в свою очередь, на несколько областей, которые можно соединить в две природные группы — области центральной поймы и области периферии поймы. Последняя группа начинается на высшей по течению реки оконечности участка поймы, непосредственно за поворотом реки, отступающей от подмываемого коренного берега областью скопления бугристых песков поймы, и в дальнейшем следовании вниз по течению реки эта первая песчаная область разбивается на три, а иногда четыре области, непосредственно связанные с основной областью скопления бугристых песков в пойме. Из этих четырех песчаных областей две направляются по периферии участка поймы, образуя области *прирусловых дюнных заграждений* реки и область *притеррасных дюнных всхолмлений.* Последняя область развивается в виде приблизительно параллельных песчаных гряд на некотором расстоянии от террасы коренного берега реки и, постепенно уменьшаясь как в числе гряд, ее составляющих, так и в высоте гряд, постепенно сливается с областью центральной поймы. Пространство, заключенное между пологими спусками с террасы коренного берега и областью притеррасных дюн, представляет более или менее ясно выраженную долину— область *притеррасной поймы.* Так как в область притеррасной поймы скатываются все делювиальные воды со склонов внепойменной области, тяготеющих к данной излучине реки, и так как в ней же выклинивается и вся толща горизонта почвенной воды тех же склонов, а кроме того, в этой же области часто находит себе исход находящаяся под напором вода горизонта грунтовых вод, то часто в области притеррасной поймы обособляются ключи и протекает так называемая *притеррасная река*, впадающая в главную реку в низшей по течению реки оконечности участка поймы.

Со стороны русла реки от той же области склонов бугристых песков в пойме отходит образующая также несколько приблизительно параллельных рядов область прирусловых дюн, отделенных от русла реки ровной наклонной поверхностью области *бечевника* или пляжа. Подобно притеррасным дюнам и дюны прирусловые уменьшаются как в вышину, так и в количестве рядов по мере следования вниз по течению реки и оканчиваются у устья притеррасной речки, иногда загибаясь на некоторое расстояние вверх по течению последней; но, в отличие от области притеррасных дюн, область прирусловых дюн в средней по своей длине части, лежащей против того места русла, где оно на противоположном берегу достигает коренного подмываемого рекой берега, вновь расширяется и достигает значительной степени выражения как по числу рядов песчаных гряд, так и по вышине последних, и затем вновь суживается, и гряды песков делаются постепенно ниже вплоть до нижнего по течению реки конца участка поймы.

Кроме уже указанных двух областей, от области склонов бугристых песков может обособиться еще область *центральных дюн поймы*, врезающихся более или менее глубоко в область центральной поймы, так что последняя может иметь два или большее число отростков в верхней своей части; и, наконец, та же область скопления бугристых песков может образовать новую область песчаных всхолмлений, взбирающихся на пологую террасу коренного берега тотчас за поворотом русла реки от подмываемого берега и вдающихся часто на большие пространства в область подошвы склонов внепойменных элементов рельефа страны, образуя область *притеррасных вздутых песков*.

Вся область участка поймы, ограниченная полосами прирусловых и притеррасных дюн, областью скопления бугристых песков или ею и центральной дюной и притеррасной речкой или, за отсутствием последней, пологими склонами террасы коренного берега, занята областью *центральной поймы*.

Лишь в сравнительно редких случаях все эти области получают равномерное выражение на одном участке поймы; чаще встречается усиленное развитие какой-нибудь одной области в ущерб развития других областей.

На больших участках поймы крупных водных артерий бывают по большей части хорошо развиты области центральной поймы и часто область притеррасной поймы. В случае, если пойма такой реки распадается на небольшие участки вследствие крутых и частых поворотов реки, на таких участках приобретают стремление к преобладающему развитию области бугристых песков. На пойме же небольших рек большей частью бывает развита в ущерб развитию прочих частей область притеррасной поймы.

Песчаные области поймы находят себе аналогичные образования и на внепойменных областях рельефа, а именно на водораздельных их элементах, на которых вследствие господства на них процессов сноса оставляется не отличающийся связанностью элювий морены, который движением воздуха и всхолмляется в бугристые пески. Вследствие того, что эти области бугристых песков имеют очень много схожих черт, несмотря на крайнюю противоположность по их положению на элементах рельефа страны, их удобнее рассмотреть совместно, почему мы в настоящем месте займемся рассмотрением особенностей проявления дернового процесса на центральной пойме.

Мы отличаем два типа центральной поймы. Первый, сложенный из *зернистых неслоистых аллювиальных наносов*, и второй, сложенный *слоистыми бесструктурными наносами*; оба типа резко отличаются по характеру биологических элементов, составляющих их покров, и по всем остальным свойствам, и, чтобы получить представление о качествах луговых угодий, исключительно их покрывающих, мы должны рассмотреть их каждый в отдельности.

Зернистые пойменные отложения приурочены к таким областям страны или таким частям бассейна реки, которые сохра-

нили еще в значительной степени свой лесной покров. Благодаря умеряющему влиянию последнего на быстроту таяния зимнего снежного покрова, а главным образом благодаря значительному механическому сопротивлению мертвого лесного покрова стеканию воды по поверхности почвы, период весеннего поднятия воды в реках растягивается на значительный промежуток времени. Благодаря такому замедленному постепенному стоку делювиальной воды в русло реки, уровень ее не поднимается на значительную высоту и вследствие того, что избыток воды, поступающей в русло, размещается на обширной площади участков поймы, проникая на них через устья притеррасных речек, которые представляют низшие точки берегов русла реки на каждом участке поймы, вода половодья не переливается через дюнные заграждения реки, и течение реки осуществляется только в меженном русле ее, участки же поймы покрываются стоячей водой, проникающей в них против общего уклона всего участка поймы.

Вода половодья, происходящая целиком из атмосферных осадков, отличается чрезвычайно малым содержанием растворенных в ней веществ, состоящих преимущественно из углеаммиачной азотноаммиачной и из искусственно-гумминово-аммиачной соли. Первые две соли образуются в атмосфере при окислении азота под влиянием тихого разряда, последняя же соль образуется при сгорании всякого органического вещества. Но независимо от малого содержания растворимых веществ вода половодья содержит весьма значительные количества твердых взмученных веществ. Эти последние состоят из двух групп: минеральных элементов рухлякового покрова страны, частью снесенных делювиальными потоками с поверхности почвы, частью попадающих в русло реки путем оползней и обвалов подмываемых крутых коренных берегов реки, разрыхленных высыханием во время предшестовавшего летнего периода и замерзанием в течение зимнего. Благодаря этим обвалам и оползням в русло реки попадает совершенно несортирован-

ная масса элементов основной морены. Вторая группа взмученных в воде половодья веществ состоит из очень значительного количества органических соединений — частью остатков отмерших растительных веществ, частью веществ животного происхождения, которые в виде экскрементов и трупов отлагались в течение всей зимы на поверхности снега и сохранились до весны в замерзшем состоянии.

Во время следования по руслу реки и особенно в момент проникновения воды разлива в область поймы все эти вещества подвергаются детальной сортировке. Наиболее крупные элементы, камни, хрящ и крупный песок тотчас, после того, как они попадают в русло реки, оседают на дно и передвигаются по нему исключительно путем перекатывания. Мелкий песок и пыль несутся по течению, но при вступлении воды в область бечевника и при связанном с этим явлением расширении русла и уменьшении вследствие этого скорости течения в области бечевника бо́льшая часть оседает на поверхности бечевника, которая в это время является дном этой части русла. Особенно сильно замедление скорости течения воды при поворотах реки и поэтому наиболее обильное оседание песка на поверхности бечевника связано с такими поворотами. По спаде воды осевший песок разносится ветром в область поймы, образуя описанные выше скопления бугристых песков и дюнных всхолмлений. Особенно резко изменяется скорость течения воды при проникновении ее из русла реки в область участков поймы, которые заполняются медленным движением воды против общего уклона местности; вследствие этого весь песок и пылеватые элементы, взмученные в воде, оседают на бечевнике притеррасной речки, и в область поймы проникают только органические вещества и тончайшие осадки глины, окиси железа и кремневой кислоты в состоянии измельчения не крупнее 0,01 мм.

Растворенные в воде разлива соли, о которых упоминалось выше, способствуют поддержанию всех этих веществ во взмученном состоянии, и только после того, как под влиянием

понижения барометрического давления, к воде, покрывающей пойму, присоединяется и почвенная вода, притекающая из области притеррасовой поймы через пологие склоны террасы, соли и свободная креновая кислота, вымытые этой водой из массы почвы, заставляют все взмученные в воде, покрывающей участок поймы, вещества сбиться в хлопья и осесть на дно в виде объемистого бурого осадка, который остается на месте своего отложения после медленного удаления воды с участка поймы через русло притеррасной речки по мере понижения уровня воды в реке. После спада воды с поверхности поймы осадок начинает быстро высыхать под влиянием бризов, беспрерывно дующих в долине реки. Осадок, отложенный водой разлива, состоит из тесной равномерной смеси тонко измельченного органического вещества и мельчайших минеральных элементов, обладающих большой связанностью и пластичностью. Благодаря значительному содержанию органического вещества, сильно изменяющегося в объеме при изменении влажности и с чрезвычайной медленностью передающего волосную воду, вся масса осадка при высыхании разрывается широкими трещинами как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении, вследствие медленности передачи воды по массе осадка, и в очень скором времени вся масса осадков рассыпается на мелкие граненые зерна или комки, лежащие рыхлым слоем на поверхности поймы.

Специфический состав и строение нового населения аллювиальной зернистой почвы определяет и его резко выраженные свойства. Запас воды во всей толще такой зернистой почвы очень велик как вследствие разлива реки, пропитавшей всю толщу почвы водой, так и вследствие близкого уровня грунтовой воды, которая здесь, как мы уже видели, находится под напором и свободно проникает в толщу почвы по неволосным промежуткам между комками. Испарение воды из почвы помимо растений сведено здесь до минимума, так как верхний слой комков, рыхло залегающий с поверхности, играет роль мертвого изолирую-

щего слоя. Поэтому растительность такой почвы поймы обеспечена самым возможно большим запасом воды и запасом чрезвычайно прочным.

Что касается питательного режима этих почв, то он складывается также весьма благоприятно. Комки такой почвы содержат весьма значительное количество органического вещества, частью полуразрушенного, растительного происхождения, частью животного происхождения, сохранившегося в течение всей зимы в замерзшем состоянии; последнее органическое вещество очень богато азотом, и все оно содержит значительное количество элементов зольного питания растений. Условия, в которых все это органическое вещество оказывается в почве, также весьма благоприятны для его аэробного разложения. Воздух свободно циркулирует в промежутках между комками, и на поверхности последних идет интенсивный процесс аэробного разложения, поддерживаемый в своей интенсивности высокой влажностью этой почвы. Вместе с тем органическое вещество такой почвы не может подвергнуться сразу полному аэробному разложению, ибо этот процесс, протекающий на поверхности комков, поглощает весь кислород, и в центральной части комков господствуют условия анаэробиозиса, в которых органическое вещество сохраняется до тех пор, пока вследствие разрушения поверхности слоев его условия аэробиозиса не проникнут и во внутреннюю область комка.

Под влиянием совокупности таких условий растительность поймы находится в наилучших условиях своего развития, определяемых огромным запасом воды в почве, совмещаемым с неограниченным доступом в нее кислорода и при одновременном присутствии обильной азотной и зольной пищи.

Наиболее характерным признаком заливных лугов, развивающихся на зернистой пойме, является полное отсутствие в составе их флоры бобовых растений. Растительное сообщество таких лугов состоит из подавляющего количества злаков, к которым примешивается обыкновенно небольшое число пред-

ставителей других семейств, за исключением бобовых. Отсутствие последних во флоре зернистой поймы находит себе полное объяснение в чрезвычайном изобилии азотной пищи в почве таких лугов. Эта обеспеченность минеральными формами азота обусловливает чрезвычайно роскошное развитие злаков, которые начинают развиваться сразу очень обильно, лишают почву притока световой энергии уже в ранние периоды своего роста, как раз тогда, когда бобовые растения претерпевают то замедление своего роста, о котором мы уже говорили выше и которое причиняется зависимостью развития бобовых от стадии развития клубеньковых бактерий, обусловливающих их азотное питание.

Но и основная флора заливного луга начинает развиваться не тотчас после спада воды с поверхности. Процесс обособления комков из осадка, отложенного водой разлива, требует от полутора до двух недель для своего осуществления, и до образования рыхлого комковатого слоя новой почвы вегетативные органы злаков и растений летней флоры лугов покрыты слоем слизистого осадка, совершенно непроницаемого для кислорода воздуха вследствие значительного содержания органического вещества. Между тем все представители флоры зернистой поймы принадлежат к корневищевому типу и для своего успешного развития требуют обильного доступа кислорода в почву. Если мы представим себе ход процессов разложения органического вещества в комковатой почве зернистой поймы, где продукты аэробного разложения органического вещества образуются во всякой точке поверхности комков на значительной толще почвы, в которую, благодаря комковатому строению, кислород беспрепятственно проникает на большую глубину, то мы должны будем признать, что корневищевый тип развития подземных вегетативных органов является наиболее благоприятным для целей поглощения большого и равномерно распределенного в массе почвы количества растворенных в воде элементов пищи растений.

Развитие злаковой корневищевой флоры зернистой поймы происходит в два приема. Еще до спада воды, под ее поверхностью начинается рост удлиненных побегов верховой травы, заложенных в предыдущие годы в виде укороченных побегов и имеющих уже развитую корневую систему. Эти побеги появляются в виде красноватых и желтоватых стеблей с сильно укороченными листьями еще под водой разлива, содержащей, повидимому, достаточное количество кислорода. После спада воды начавшие развиваться побеги как бы приостанавливаются в своем дальнейшем росте и только зеленеют. Далее, по мере того, как отложившийся осадок обращается во все более ясно выраженную зернистую массу, начинается одновременное и усиленное развитие новых укороченных побегов, новых корневищ в свежеобразовавшейся почве и дальнейшее развитие в длину удлиненных стеблей злаков. Злаки поймы, так сказать, переселяются в свежий слой почвы, образуя в нем новую густую сеть корневищ, прежние же корневища, питающие удлиненные цветоносные побеги, только тогда могут проявить полностью свою абсорбционную деятельность, когда верхний слой почвы обратится в слой комков, свободно пропускающих необходимый корням старых корневищ воздуха. Насколько необходим для деятельности корневищевых органов злаков кислород, видно из того, что в случаях, когда спад воды задерживается на продолжительное время, что бывает при изобилии весенних атмосферных осадков, или в случае очень продолжительных летних паводков, развитие удлиненных стеблей прекращается, они даже могут погибнуть и выживают только те виды злаков, которые подобно Agrostis alba и Phalaris arundinacea обладают способностью образовывать надземные ползучие побеги. В этих случаях из надземных узлов начавших первоначально развиваться удлиненных стеблей образуются только надземные корневища, на них образуются водяные корни, не несущие корневых волосков, и эти побеги могут образовать под водой густой надземный покров, который заглушает всю флору луга,

и в результате луг надолго обращается в чистую заросль Agrostis aba или Phalaris arundinacea.

Весенней задержкой в развитии корневищевой флоры зернистой поймы пользуется группа весенних эфемеров, всегда многолетних, образовавших свои органы вегетативного размножения с запасом пластических веществ еще в прошлом году. Эта группа немногочисленна представителями, но благодаря превосходным условиям питания и обильной влажности они достигают чрезвычайной роскоши развития. Развитие весенних эфемеров также начинается еще под водой половодья, но так как они снабжены хорошо развитой воздухоносной системой, развитие их не испытывает задержки и после спада воды. Главными представителями группы эфемеров на зернистой пойме являются Caltha palustris L. и Ranunculus ficaria L., и часто к ним присоединяются и не эфемерные виды Ranunculus repens L., R. acer L. и изредка R. sceleratus L., R. flammula L. и Nasturtium austiacum Crantz.

Вспышка развития весенних многолетних эфемеров, которая бывает настолько резко выражена, что в этой стадии зернистая пойма представляет сплошной желтый ковер, очень быстро подавляется мощным равитием злаков. Злаки, господствующие на зернистой пойме, почти все принадлежат к типу корневищевых, и только немногие относятся к рыхлокустовым, расы которых, характерные для этой поймы, также образуют короткие корневища.

Наиболее типичными злаками, распространенными часто в форме чистых зарослей, являются Phalaris arundinacea L., Argostis alba L., Poa pratensis L., Alopecurus pratensis L.; на востоке Европейской России к ним присоединяются Beckmania eruciformis Host. и Alopecurus ventricosus Pers.; на юго-востоке часто преобладающим растением встречается Agropyrum repens P. Beauv., причем луговая разность его резко отличается от полевой сорной расы его чрезвычайно нежными стеблями и изумительным обилием неплодущих побегов; на

дальнем востоке на первом плане выступают Calamagrostis villosa Mutel. и Agropyrum pseudoagropyrum Rgl. Видную роль в травостое зернистой поймы играют Festuca arundinacea Schreb., реже Festuca pratensis Huds., далее Poa trivialis L., P. palustris L., Glyceria aquatica Whlbg., Lolium perenne L., Trisetum flavescens Pal. Beauv. и Alopecurus geniculatus L., раса которого, характерная для зернистой поймы, отличается хотя и слабыми, но верикально стоящими длинными побегами.

Кроме перечисленных злаков в растительном сообществе зернистой поймы принимают участие и еще небольшое число осок, ситников и растений других семейств. Такими являются: Carex muricata L., C. canescens L., C. Goodenoughii Gay., C. pallescens L., Juncus Gerardi Loisel.,J. glaucus Ehrh., J. atratus Krocker., J. lamrocarpus Ehrh., Veratrum album L., Allium rotundum L., Fritillaria ruthenica Wikström., Ornithogalum tenuifoliumGuss., Gladiolus imbricatus L., Iris sibirica L., Orchis morio L., O. mascula L., O. latifolia L., O. incarnata L., Stellaria palustris Ehrh., S. graminea L., Cerastium arvense L., C. caespitosum Gilib., Viscaria viscosa Aschers., Silene venosa Aschers., Dianthus deltoides L., Thalietrum minus L., T. angustifolium Jacq., Filipendula hexapetala Gilib., Geranium sanguineum L., G. pratense L., Lythrum virgatum L., L. salicaria L., Lysimachia numularia L., Myosotis palustris Roth., Salvia pratensis L., Veronica spicata L., V. anagalis L., Valeriana dioica L., V. officinalis L., Campanula sibirica L., C. rotundifolia L., C. patula L., Gnaphalium uliginosum L., Inula britanica L., Chrysanthemum leucanthemum L., Centaurea seabiosa L., Tragopogon pratensis L.

Перечисленная несложная флора зернистой поймы распределяется по территории центральной области поймы не совсем равномерно. Чтобы уяснить себе причины неравномерности этого распределения, нужно припомнить, что область центральной поймы всякого ее участка ограничена с трех сторон песчаными областями прирусловых и притеррасных дюн и областью скопления бугристых песков, расположенной на верхнем

по течению реки конце всякого участка поймы. Со стороны низшей по течению реки область центральной поймы граничит с притеррасной поймой, которая занята осоковым или ключевым болотом. Вследствие развевания песков пограничных областей периферическая часть поймы, прилегающая к этим областям, заметно повышается над средней частью поймы, и по средней линии всякого участка расположена наиболее глубокая часть участка, образуя тальвег поймы, по которому вода с обеих наклонных поверхностей поймы стекает к устью притеррасной речки, с которой в этом месте сливается тальвег поймы. Вследствие развевания песков прирусловых и притеррасных дюн и почва центральной области поймы также отличается неоднородностью.

Наиболее тяжелые глинисто-перегнойные структурные почвы располагаются по обе стороны тальвега поймы, и по мере удаления от него и приближения к пограничным песчаным областям количество песчаных элементов в почве все возрастает, пока почвы центральной поймы не перейдут совершенно незаметно в почвы песчаных областей.

В части, граничащей с притеррасной поймой, те же глинистые почвы постепенно обогащаются органическими остатками, пока не перейдут в торфяные почвы притеррасного болота. Кроме того, оба наклонные ската центральной поймы, идущие от тальвега к прирусловым и притеррасным дюнам, отличаются заметно друг от друга по содержанию в почве, слагающей их, элементов зольного и азотного питания растений, так как в часть центральной поймы, прилегающую к притеррасным дюнам, проникает значительное количество всех элементов, вымываемых током почвенной воды из внепойменной области рельефа.

Вследствие такого распределения качеств почвы по поверхности центральной поймы и характер флоры и качества лугов распределяются соответствующим же образом.

Лучшие по качествам и урожайности луга располагаются по склону центральной зернистой поймы, лежащей между таль-

случае в исключительном господстве в течение долгого промежутка времени сорная флора, состоящая из зарослей Chenopodium L. Atriplex patulum L., A. hastatum L., Armaranthus retroflexus L., Polygonum persicaria L., P. lapathifolium L., Ranunculus repens L., Ranunculus sceleratus L., Sonchus oleraceus L. и S. asper Hill.

Основным существенным свойством лугов центральной области зернистой поймы, определяющим одновременно их высокую ценность, как хозяйственного угодия, является то, что до тех пор, пока они подвергаются разливу речной воды, проникающей на них через устье притеррасной речки или вообще через низшую их точку и покрывающей их против общего уклона поверхности участка поймы, они не подвергаются процессу заболачивания, ход дернового процесса на них не прогрессирует, и они беспрерывно пребывают в состоянии смешанного корневищевого и рыхлокустового периода, наиболее производительного в смысле качества и количества доставляемого ими кормового продукта — травы или сена.

Причины этого явления совершенно ясны. Мы видели, что процесс закисания или заболачивания луга представляет непосредственное следствие существенного свойства растений луговой растительной формации отлагать в массе почвы свои отмершие органические остатки в то время, когда в почве господствуют условия анаэробиозиса, благодаря чему органическое вещество сохраняется без разложения и накопляется, обусловливая своими свойствами те процессы, которые мы изучали в предыдущих главах. В рассматриваемом случае зернистой поймы такого процесса заполнения всех промежутков почвы органическими остатками и прекращения аэробного разложения органического вещества произойти не может, так как по мере отложения мертвых остатков корневищ, побегов и корней флоры заливного луга в промежутках между комками почвы зернистой поймы выше этого горизонта ежегодно откладывается слой свежих комков, органическое вещество которых подвергается ярко

вегом поймы и областью притеррасной дюны; здесь флора луга состоит преимущественно из злаков с незначительным содержанием осок. Последние, однако, принимают сравнительно малое участие в образовании первого основного укоса и начинают приобретать заметное участие лишь в отаве. По мере приближения к области, граничащей с притеррасной поймой, в травостое луга начинает увеличиваться количество осок, ситников, розоцветных, лютиковых и звездчаток, но травостой луга не изреживается. По мере приближения к области бугристых песков и по другую сторону тальвега поймы по мере приближения к области прирусловых дюн травостой злаков делается менее густым и в нем все большее значение начинает приобретать разнотравие, пока флора его не перейдет совершенно в характерную для песчаных областей, с флорой которых мы познакомимся при описании слоистой поймы.

В области, граничащей с прирусловыми дюнами, часто появляются в значительном числе щавели Rumex confertus Willd. и R. crispus L., заросли кустов ивы Salix viminalis L., S. purpurea L., S. aurita L. и S. triandra L. и зонтичные Eryngium planum D., Angelica pratensis M. B. и Heracleum spondylium L. В случаях неясно выраженных притеррасных элементов поймы, имеющих место на небольших реках и при сильно развитых делювиальных сносах с коренного берега, флора луга третьей трети склона внепойменных элементов рельефа проникает глубоко в область центральной поймы и часто бывает представлена значительным преобладанием плотнокустовых Deschampsia caespitosa Pal. Beauv. и Festuca duriuscula L., обыкновенно с значительной примесью Chrysanthemum leucanthemum L. и Rumex acetosa L.

На тех площадях центральной зернистой поймы, на которых покров злаков сильно пострадал от неумеренной осенней пастьбы, особенно во время поздней сырой осени, или на местах, которые распахивались под огороды и потом были заброшены, развивается в первом случае в сильном преобладании, а во втором

выраженному процессу аэробного разложения и в изобилии снабжает растения необходимой пищей.

По мере того, как с поверхности почвы зернистой поймы отлагаются все новые слои комков, в промежутках между ранее отложившимися комками продолжают откладываться мертвые органические остатки до тех пор, пока подземные вегетативные органы злаков, передвигающиеся из года в год вверх, не покинут прежде занимавшиеся ими горизонты почвы. Эти остатки не могут, очевидно, разлагаться со всею быстротой беспрепятственно протекающего аэробного процесса, так как верхние вновь отложившиеся горизонты поглощают массу кислорода. Вследствие этого разложение органических остатков продолжается до глубокой осени, и зимние морозы обращают выделяющуюся гуминовую кислоту в трудно разлагающуюся модификацию, которая и обусловливает чрезвычайную прочность почвы зернистой поймы. Это прочное комковатое строение такой почвы вместе с огромным запасом органического вещества, детально распределенного между всеми комками ее, обусловливает как чрезвычайное плодородие таких почв, так и возможность быстрого восстановления прочности комков в случае ее утраты. Поэтому такие почвы при известных экономических условиях охотно распахиваются под культуры, которые предъявляют большие требования в отношении содержания в почве элементов зольной пищи и особенно азота вместе с свободной аэрацией почвы. На таких зернистых почвах центральной области поймы, особенно в части ее, прилегающей к области притеррасной поймы, куда, как мы видели, приток элементов питания растений особенно велик, без всякого удобрения разводятся самые требовательные растения — капуста, огурцы, лук, огородные овощи, махорка, табак, конопля, хмель. Распашка таких почв тем более доступна, что во время половодья они покрываются стоячей водой, которая не может произвести разрушений и которая вместе с тем отлагает массу плодородного ила, быстро обращающегося в прочное комковатое состояние.

* * *

В долинах рек, бассейны которых расположены в области, уже в значительной степени лишенной своего лесного покрова, отлагаются слоистые аллювиальные наносы, образуя слоистую или песчаную пойму. Не входя в детальный разбор причин и условий отложения почв этого рода, мы здесь укажем только на разницу в этом случае в проникновении воды разлива реки в область поймы по сравнению с зернистой поймой.

Вследствие отсутствия замедляющего влияния лесного покрова на таяние снегового покрова и на быстроту стекания воды с поверхности внепойменных элементов рельефа, приток весенней воды в реку в таких областях отличается такой интенсивностью, что поступающее количество воды не может своевременно сбежать по руслу реки даже при условии размещения избытка воды по всей площади всех участков поймы, и поэтому после того, как вода разлива, как и в предыдущем случае, заполнила все участки поймы, уровень воды в русле продолжает подниматься, и вода, покрыв собою дюнные заграждения реки, начинает течь по всей долине реки между ее коренными берегами, оставляя незалитыми лишь наиболее возвышенные участки скопления бугристых песков поймы и возвышенную область прирусловых дюн у поворотов русла реки.

Само собою разумеется, что тонкие осадки глины и органического вещества, которые оседали на участках зернистой поймы, не могут осесть из текущей воды, так как они уносятся даже самым слабым течением, но так как течение реки при переходе воды из области меженного русла в область поймы сильно ослабевает, то на последней оседает масса мелкого песка, как раз на границе быстрого и слабого течения. Так как по всей долине реки во время половодья устанавливается, кроме стремени главного русла, еще несколько второстепенных течений, то отложений песчаных элементов на поверхности поймы также образуется несколько в виде удлиненных валов, располагающихся

приблизительно параллельно направлению долины реки. Вместе с песками отлагается и значительное количество грубо измельченных органических остатков. После спада воды поверхность песчаных отложений быстро высыхает, и бризы речной долины развевают мелкие пески по всей долине, сглаживая до известной степени рельеф поймы, но не настолько, чтобы сгладить нанесенные водой «горбы», и вся поверхность поймы сохраняет свой волнистый вид. Как и в случае зернистой поймы, каждый участок поймы песчаной заключает те же области, но той резкой разницы в составе этих областей, какую мы наблюдали в первом случае, здесь нет, и области периферических отложений песка отличаются от области центральной поймы лишь несколько большей крупнозернистостью песков, слагающих элементы первых.

Само собою разумеется, что вновь наносимый песок погребает под собою прежнюю растительность поймы, и пока последняя вновь пробьется через новый слой песка и разовьет в нем свои органы вегетативного размножения, проходит довольно значительный промежуток времени, во время которого поверхность песка остается незакрепленной, и в течение этого времени и происходит развевание песка по всей области поймы.

Вследствие полного отсутствия строения в наносимом песке и наличности в его массе исключительно волосных промежутков, проникновение кислорода через вновь нанесенный горизонт песка отличается большой трудностью, и все количество его, попадающее в почву, поглощается развитием новых органов вегетативного размножения в верхнем горизонте песка и аэробным разложением органических остатков, отложенных водой разлива вместе с песком. Поэтому погребенные песком органические остатки флоры предыдущего года оказываются поставленными в условия анаэробиозиса, благодаря чему они сохраняются в течение очень долгого времени и придают всей массе такой почвы поймы в вертикальном разрезе характер слоистости, ярко выраженной при наблюдении свежего, еще

влажного разреза, почему названия песчаной поймы и слоистой поймы являются синонимами точно так же, как синонимами являются выражения глинистая пойма и зернистая пойма.

Питательный режим почв слоистой поймы представляет почти полную противоположность с почвами зернистой поймы и находится в теснейшей связи с водным режимом их. Чтобы дать себе ясный отчет в этом, нужно прежде всего твердо запомнить, что минеральный субстрат, отлагаемый водой реки на поверхности слоистой поймы — мелкий песок и песчаная крупная пыль—состоят исключительно из кварца и аморфной кремневой кислоты, и весь запас зольной и азотной пищи растений в этих почвах сосредоточен исключительно в органических остатках, наносимых рекой вместе с песком, и в растительных остатках флоры предыдущего года, погребенных под свежим наносом песка.

Эти последние остатки расположены в горизонте господствующего анаэробиозиса, и поэтому заключающаяся в них зольная и азотная пища совершенно недоступна растениям автотрофного типа питания. Поэтому находит себе полное объяснение, почему микотрофная флора является нормальным членом растительного сообщества слоистой поймы и обычно представлена обильными кустами ив Salix triandra L., S. viminalis L., S. purpurea L., S. aurita L., равномерно рассеянными по всей поверхности поймы. Местами кустарниковые ивы сменяются группами высокорослых Salix fragilis L., S. alba L. и часто на такой пойме мы встречаем леса, состоящие, кроме упомянутых ив, из тополей Populus alba L., P. nigra L. и осины Populus tremula L., к которым примешиваются дуб Quercus robur L., клены Acer platanoides L., A. tataricum L., campestre L., липа Tilia cordata Mill., ольха Alnus glutinosa Gaertn., A. incana Wild., береза Betula verucosa Ehrh., B. pubescens Ehrh. вяз Ulmus peduculata Fougeoroux, ильм Ulmus scabra Mill. с подлеском из крушины Rhamnus frangula L., бересклета Evonymus verrucosus Scop., шиповника Rosa canina L. и черемухи

Prunus podus L. Часто дуб образует светлые рощи, особенно в притеррасной части поймы, занесенной делювиальными сносами с коренного берега в сильно распаханных областях.

Питательный режим травянистой флоры поймы слагается из двух процессов — частью из аэробного разложения органических остатков, нанесенных водою реки, частью из аэробного же процесса разложения мертвых остатков деревянистой флоры, которая, в свою очередь, черпает элементы своей пищи из двух источников — из органических остатков, погребенных наносами песка, и из грунтовой воды, которая в области поймы находится всегда на глубине, досягаемой корнями древесной растительности.

Вдумываясь в характер двух источников пищи травянистой флоры слоистой поймы, мы придем к двум ясным заключениям, — что, во-первых, количество зольной пищи этой флоры не может быть столь же неограниченно большим, как в случае зернистой поймы, и, во-вторых, что вследствие того, что мертвые остатки деревянистой флоры разлагаются исключительно под влиянием грибной флоры, причем азот их переходит в форму свободного азота, растения травянистой флоры слоистой поймы должны испытывать острую нужду в азотистом питании. Последнее заключение находит себе полное подтверждение в господстве на рассматриваемой пойме бобовых растений, которые являются здесь таким же характерным признаком, как отсутствие бобовых на пойме зернистой.

Прежде всего обращает на себя внимание обильное присутствие на слоистой пойме полудеревянистых бобовых, питающихся и зольными элементами микотрофно, но образующих травянистые побеги, все части которых по вымирании способны подвергаться бактериальному разложению. К таким растениям принадлежат Genista tinctoria L., Cytisus nigricans L. C. biflorus L'Herit., Ononis hircina Jacq., и на более южной пойме Sophora alopecuroides L., солодка Glycyrrhiza glabra L., G. uralensis Fisch. и G. aspera Pall. и верблюжья колючка Alhagi

camelorum Fisch. Эти растения представляют существенный элемент растительных сообществ более крупнозернистых песков поймы и характерны для области скопления бугристых песков и для области прирусловых и притеррасных дюн.

В области же центральной поймы господствующими бобовыми являются песчаная люцерна Medicago falcata L., которая часто придает общий желтый цвет огромным участкам слоистой поймы. Кроме того, широким распространением в этой области пользуются Lathyrus pratensis L., Lotus corniculatus L., Astragalus hypoglottis L., Trifolium pratense L., T. hybridum L., T. repens L., T. agrarium L., T. fragiferum L., T. spadiceum L., T. arvense L., Oxytropis pilosa D. C. Astragalus virgatus Pall. Кроме того, в группах кустарников, рассеянных по пойме, мы встречаем Vicia cracca L., V. sepium L., Melilotus officinalis Desr., M. albus Desr., Lathyrus tuberosus L., L. palustris L., L. silvestris L.

Общая скудость содержания элементов зольного питания растений в почвах слоистой поймы и зависимость их распределения от водного режима этих почв, о котором мы упоминали выше, резко отражается на распределении травянистой флоры по волнистому рельефу слоистой поймы. Прежде всего следует отметить, что положение уровня грунтовой воды в почве слоистой поймы мало отличается от горизонтальной поверхности. Независимо от того, что все промежутки почвы слоистой поймы представляются волосными, они все-таки настолько крупны, что неспособны поднимать воду на значительную высоту и вместе с тем передвижение воды по ним совершается чрезвычайно быстро. Вместе с тем уровень грунтовых вод в области поймы лежит вообще неглубоко, так как область поймы занимает абсолютно низшее положение среди элементов рельефа.

Вследствие всего комплекса этих условий атмосферные воды, проникнув в почвы поймы, прежде всего в значительном количестве сбегают с повышений рельефа ее — с грив, так как вода может проникнуть в почву только медленным волосным

путем, и стекают в понижения — лога; проникшая в почву повышений вода, повинуясь общему закону, также устремляется к понижениям рельефа, и это движение ее совершается в песчаных почвах быстро. Таким образом, почва повышений — грив будет всегда испытывать недостаток воды, и вместе с тем из нее будут легко и быстро выщелачиваться и все минеральные элементы питания растений. Наоборот, почва понижений — логов поймы будет снабжаться притоком поверхностной и почвенной воды с грив, и благодаря ее пониженному положению, а следовательно и близости грунтовой воды, последняя волосным путем будет быстро достигать области распространения корней травянистой флоры. Одновременно поверхностные и почвенные воды будут вносить в почву понижений значительное количество элементов зольного и азотного питания растений, и такие же зольные элементы будут притекать к ней и при посредстве грунтовой воды. Вследствие всего сказанного растительный покров слоистой поймы отличается значительной пестротой. На повышениях — горбах он настолько скуден, что не в состоянии образовать сплошного дерна, и здесь между растениями встречаются большие участки голого сыпучего песка. На первой и части второй трети склонов грив мы встречаем уже сплошной дерновый покров, но растительность здесь не достигает большой роскоши развития, и последнее находится в большой зависимости от частоты выпадения атмосферных осадков, и, наконец, в третьей трети склонов грив и по всему понижению мы встречаем луга низкого уровня, обеспеченные водой независимо от притока атмосферных осадков и снабжаемые в изобилии элементами зольного и азотного питания.

В связи с различными условиями питания и водоснабжения и характер растительных сообществ, покрывающих горбы и луга высокого и низкого уровня на слоистой пойме, различен. Прежде всего бросается в глаза чрезвычайная неравномерность распределения по элементам рельефа и вообще малое количество весенних эфемеров. Они совершенно отсут-

ствуют на горбах и лишь в небольшом количестве появляются на лугах низкого уровня, и это станет понятным, если принять в соображение, что плотный слой отлагающегося песка сильно ослабляет весеннюю деятельность аэробного процесса разложения органических остатков растительности предыдущего года. Также неравномерно распределяются по элементам рельефа и бобовые растения. На горбах мы встречаем лишь полукустарниковые бобовые и однолетний Trifolium arvense, на лугах низкого уровня бобовые почти совершенно отсутствуют, кроме Trifolium hybridum и Lathyrus palustris, и только на лугах среднего уровня они начинают играть значительную роль в травостое и приобретают часто первенствующее значение на лугах высокого уровня.

Что касается флоры злаков, то она также отличается чрезвычайной неравномерностью распределения по элементам рельефа центральной области слоистой поймы. В наиболее резко выраженных случаях вершин грив, так называемых горбов, их флора злаков представлена одной только Festuca ovina, которая, как растение микотрофное, основывает свое питание зольными элементами и азотом исключительно на разложении при посредстве микоризы органических остатков как растительности прошлого года, так и тех, которые наносятся полой водой. В этих случаях растения автотрофного типа питания не могли бы существовать вследствие слишком ярко выраженной эфемерности минеральных соединений своего питания. Кроме того, овечья овсяница обладает и чрезвычайно развитыми приспособлениями для сведения испарения воды до минимума. Хотя Festuca ovina принадлежит к типично плотнокустовым злакам, она обладает способностью, в случае занесения ее кустов песком, образовывать длинные вертикальные корневища, которые быстро достигают поверхности песка, закладывают там новый узел кущения, и все растение, выражаясь образно, переселяется вверх, на новую поверхность почвы. Этой способностью обладают и другие плотнокустовые обитатели песков, в том

числе Molinia coerulea Moench., типичное растение глубоких котловин в областях бугристых песков, где погребение растений песком, наносимым ветром, представляет обычное явление. Такие злаки принято характеризовать, как ложнокорневищевые — pseudorepentes.

Та же Festuca ovina представляет типичное растение положительных элементов бугристых песков и дюнных всхолмлений, где рядом с ней развиваются и микотрофные корневищевые злаки Elymus arenarius L., E. dasystachys Trin. и Amophhila arenaria Link.

При менее ярко выраженных горбах к овечьей овсянице присоединяется Koeleria glauca D. C., Hierochloë olorata Wahlb., Corynephorus canescens P. Beauv., Poa bulbosa L., высокая грубостебельная разновидность Phleum Boehmeri Wib. и разновидность Agrostis alba L., образующая длинные укореняющиеся надземные лежащие побеги. Как хозяйственное угодие, такие луга не представляют сколько-нибудь сносных покосов и могут быть эксплуатированы исключительно как тощие выгоны.

Наиболее распространенными злаками лугов среднего уровня слоистой поймы в Европейской России являются Festuca rubra L. и Bromus inermis Leyss., а также Agrostis vulgaris With., причем Bromus inermis представлен разновидностью, обладающей колоссально развитыми корневищами, дающими многочисленные укороченные побеги, не превышающие 20 см высоты, и цветоносными стеблями, приподнимающимися из коленчатого основания до высоты 30—35 см. В Азиатской России наиболее распространенными злаками на тех же элементах слоистой поймы являются Agropyrum elongatum P. Beauv., Bromus ciliatus L. и B. inermis Leyss., причем разновидность последнего образует бесчисленные удлиненные неплодущие побеги высотой 75—100 см и очень редкие цветущие побеги до 125 см вышиной с чрезвычайно широко раскинутой метелкой.

К этому основному фону злаков в Европейской России примешаны в значительном количестве Phleum pratense L., мягкостебельная и хорошо облиственная разновидность Phleum Boehmeri Wib., Koeleria gracilis Pers., Poa pratensis L. в виде его узколистной разновидности, Poa palustris L., Festuca pratensis Huds., а на юге и востоке Agropyrum repens P. Beauv., A. cristatum Bess., A. sibiricum Eichw., Avena pubescens L., Arrhenatherum elatius M. et K., Hordeum secalinum Schreb. Triticum cylindricum Cesati и Stipa capillata L.

Луга низкого уровня не представляют такого разнообразия вследствие более равномерных условий влажности, регулируемой близостью к поверхности почвы уровня грунтовой воды, и притоку почвенной воды с более высоких элементов рельефа поймы. Флора злаков этих лугов представлена преимущественно корневищевыми видами, причем некоторые виды, как, например, Bromus inermis, склонны образовывать на своих корнях микоризу. К числу наиболее часто встречающихся видов злаков на лугах низкого уровня слоистой поймы принадлежат Agrostis alba L., представленная здесь обыкновенно ее гигантской разновидностью, Poa pratensis L., P. palustris L., P. trivialis L., Bromus inermis Leyss., Agropyrum repens P. Beauv., который на юго-востоке часто образует чистые заросли, Phalaris arundinacea L., также обладающий той же способностью, Festuca arundinacea Schreb., и реже Beckmanniaeruciformis Host., Alopecurus pratensis L. и Alopecurus ventricosus Pers.

Что касается осок и ситников, то они представлены почти исключительно на лугах низкого уровня; здесь встречается часто значительная примесь к травостою злаков Carex canescens L., C. paliescens L., C. Goodenoughii Gay., C. hirta L., из ситников Juncus lamprocarpus Ehrh., J. Gerardi Loisel., J. atratus Krocker., J. glaucus Ehrh.

Растения других семейств, кроме злаков, осок, ситников, бобовых и древесной растительности, распределяются по элементам рельефа слоистой поймы также крайне неравномерно.

На горбах мы встречаем рассеянные жалкие экземпляры Crepis virens Vill., Senecio silvaticus L., Artemisia scoparia Waldst. et Kit., Draba verna L., D. nemerosa L., Barbarea vulgaris R. Br. На лугах высокого уровня разнотравие достигает чрезвычайного развития; здесь широкой распространенностью пользуется Achillea millefolium L., занимающий часто большие пространства; не менее распространены Berteroa incana D. C. и Allium schoenoprasum L. Эти три вида отличаются обильным групповым распределением. Кроме того, в виде многочисленных вкраплений встречаются Sagina nodosa Fenzl., S. procumbens L., Viscaria viscosa Aschers., Silene venosa Aschers., Silene tatarica Pers., Sisymbrium strictissimum L., Bunias orientalis L., Potentilla recta L., P. argentea L., Alchemilla vulgaris L., Euphorbia virgata W. K., Althea officinalis L., Malva rotundifolia L., Hypericum quadrangulum L., Epilobium hirsutum L., E. parviflorum Schreb., Eryngium planum L., Angelica pratensis M. B., A. archangelica L., Heracleum spondylium L., Succisa praemorsa Aschers., Campanula rotundifolia L., C. patula L., C. sibirica L., Achillea ptarmica L., Centaurea scabiosa L., Cichorium intybus L., Chrysanthemum vulgare Bernh., Tragopogon pratensis L. и часто в значительном количестве паразитирующие на корнях злаков Odontites serotina Rchb., Euphrasia stricta Host., Rhinanthus major Ehrh., R. minor Ehrh. и Melampyrum cristatum L.

Луга среднего уровня также отличаются значительным участием разнотравия в их травостое. Здесь мы встречаем Allium angulosum L., A. rotundum L., A. oleraceum L., Fritillaria ruthenica Wickström. Ornithogalum tenuifolium Guss., Asparagus officinalis L., Gladiolus imbricatus L., Orchis incarnata L., Aristolochia clematitis L. Страшным бичом этих лугов являются крупные щавели Rumex confertus Willd. и Rumex crispus L., сильно распространен Rumex acetosa L., далее следуют Silene procumbens Murr., S. venosa Aschers., S. nutans L., Lychnis flos cuculi L., Dianthus superbus L., D. deltoides L., Ranunculus

acer L., R. polyanthemos L., Thalictrum minus L., Bunias orientalis L., Potentilla recta L., P. longipes Led. Geranium sanguineum L., G. pratense L., Erythraea ramosissima Pers., Armeria vulgaris. Willd., Gentiana pneumonantbe L., G. cruciata L., Cynanchum vincetoxicum R. Br., Convolvulus arvensis L. и Calystegia sepium R. Br. Среди кустов ив: Symphitum officinale L., Origanum vilgare L., Mentha austrica Jacq., M. arvensis L. Salvia pratensis L, Veronica spicata L., Galium mollugo L. G. verum L., Succisa praemorsa Asch., Campanula sibirica L., C patula L., Achillea ptarmica L., Chrysanthemum leucapthemum L., Centaurea scabiosa L., Tragopogon pratensis L.

Луга низкого уровня слоистой поймы вследствие значительной роскоши развития злаков, побуждаемых к нему сравнительно обильным притоком минеральных соединений зольных элементов питания растений и азота, не представляют таких благоприятных условий для развития разнотравия, вследствие чего и количество видов последнего уступает предыдущим частям лугов центральной области слоистой поймы, и число растений разнотравия, так же как и бобовых, гораздо меньше, и в этом отношении эти луга приближаются по своему характеру к лугам зернистой поймы. Из видов разнотравия мы встречаем здесь: Stellaria graminea L., Lychnis flos cuculi L. Ranunculus acer L., Thalictrum angustifolium Jacq., Potentilla longipes Led, Geum rivale L., Filipendula hexapetala Gilib., Geranium pratense L., Lythrum virgatum L., L. salicaria L., Epilobium parviflorum Schreb, Lysimachia numularia L., Myosotis palustris Roth., Mentha austriaca Jacq., Veronica spicata L. V. anagalis L., Valeriana officinalis L., Campanula patula L., Chrysanthemum Ieucanthemum L., Tragopogon pratensis L.

Луга слоистой поймы отличаются тем же существенным признаком, который присущ и лугам зернистой поймы — вследствие ежегодного отложения на поверхности этой поймы слоя песка и вынужденного этим переселения всей флоры луга в новый почвенный горизонт, дерновый процесс на них беспрерывно

поддерживается в своих начальных стадиях, почему эти луга и не подвергаются процессу заболачивания в продолжение всего того времени, пока поверхность их подвергается заливанию водой весеннего разлива реки.

Область притеррасной поймы ограничивается с одной стороны дугой пологого спуска террасы коренного берега и представляет обыкновенно удлиненную полосу, постепенно расширяющуюся по направлению течения реки к тому месту, где пологая терраса коренного берега переходит в обрыв и где новый участок поймы переходит на противоположный берег русла реки. В том случае, когда русло реки в своих изгибах не достигает коренных берегов, и река проложила себе русло среди собственных пойменных отложений, и оба берега русла представляются низменными, область притеррасной поймы тянется более или менее широкой полосой вдоль коренных берегов реки.

Рассматриваемая область может быть представлена в природе двумя основными разностями, характеризующими долины двух типов рек. Первая, в которой ложе реки и весь комплекс ее аллювиальных наносов подстилается поддонной мореной,— это реки, которые существовали еще во время ледникового периода в виде магистральных подледниковых рек, по которым сливались в море все воды, образующиеся под покровом ледника путем таяния его нижней поверхности; как мы уже имели случай заметить выше, мощные потоки этих подледниковых рек выносили все мелкие элементы основной морены, проникающие в их русла вследствие таяния нижней поверхности материкового льда, и оставляли на месте только крупные полусортированные элементы — песок, хрящ и гравий, камни и валуны. Второй тип рек равнины — это те реки, русло и долина которых подстилается основной мореной, на поверхности которой дифференцировался горизонт элювия морены, отмытый водами этих рек и очень похожий по своему механическому составу на поддонную морену, но залегающий нормально на основной морене, тогда как поддонная морена залегает не нормально на

коренных породах. Эти реки обособились уже после отступания ледника и приобретения отложениями первоначального устойчивого рельефа его, как результата деятельности сначала только делювиальных вод, а далее к работе последних присоединились и почвенные воды.

Существенная разница между этими двумя типами рек заключается в характере их питания. Главным источником питания рек первого типа является грунтовая вода, обладающая обыкновенно очень большим водосборным бассейном, и приток которой вследствие значительного пути ее по среде, представляющей сильное сопротивление ее движению, очень равномерен и подвержен лишь незначительным и медленным колебаниям. Этот источник питания определяет собою меженный уровень реки, и вода его находится под гидростатическим давлением, вследствие которого и уровень грунтовых вод всей долины реки в пределах ее коренных берегов отличается постоянством, и все аллювиальные наносы такой реки подстилаются песком «плывуном», который и представляет поддонную морену, элементы которой беспрерывно находятся под восходящим давлением грунтовой воды. Характерным элементом поймы таких рек представляется притеррасная речка, которая обособляется в постоянное русло, как только притеррасные пески по мере своего удаления от области бугристых песков поймы начинают приобретать менее яркое выражение. Притеррасная речка, как и река, в которую она впадает, питается главным образом грунтовой водой, которая здесь выходит на дневную поверхность, так как на пойме таких рек, на которой все элементы поймы развиты очень хорошо, эта часть притеррасной поймы занимает низшее по абсолютной высоте положение и имеет хороший уклон по направлению к руслу реки. Вследствие того, что область нижнего течения притеррасной речки находится в наибольшем удалении от области отложения бугристых песков поймы и от области наибольшего отложения прирусловых песков, и влияние этих наносов здесь совсем прекращается, и потому,

что эта область занимает низшее по течению реки положение на участке поймы, уровень грунтовой воды здесь на наименьшей глубине и обыкновенно почти совпадает с дневной поверхностью этой области; только у самого устья речки, вследствие близости области отложения прирусловых песков главной реки, уровень почвы опять приподнимается и соответственно этому уровень грунтовой воды опускается.

Таким образом, область притеррасной поймы рек первого типа начинается узкой полосой между террасой коренного берега и притеррасными песками, которая постепенно расширяется и незаметно сливается с областью центральной поймы, тальвегом которой она ограничивается от прирусловой части последней, и по приближении к устью притеррасной речки вновь резко суживается, заканчиваясь у нижнего течения притеррасной речки и не доходя до русла главной реки. Притеррасная речка течет сначала в отлогих берегах, преимущественно песчаных, затем, вступая в расширенную область притеррасной поймы, течет в горизонтальных берегах, едва возвышающихся над уровнем воды в ней, и затем перед впадением в главную реку вновь приобретает сначала отлогие песчаные берега, которые перед устьем становятся крутыми и часто высокими обрывистыми, там, где речка прорезает прирусловые пески главной реки. В расширенной части притеррасной поймы речка часто разбивается на несколько русел, которые вновь сливаются в одно русло близ устья речки. Притеррасная речка делит область притеррасной поймы на две резко различные части — одну, собственно притеррасную, лежащую между коренным берегом реки и руслом речки или рукава ее, ближайшего к коренному берегу реки, и вторую, лежащую между руслом притеррасной речки или ее рукава, ближайшего к коренному берегу, и областью центральной поймы и прирусловыми песками главной реки.

Второй тип рек получает свое питание из почвенных вод, от постоянства притока которых зависит устойчивость межен-

ного уровня их, а так как постоянство притока почвенных вод и их количество в сильнейшей степени зависит от характера и состояния биологического покрова водосборного бассейна этих рек, то весьма понятно, что колебание меженного уровня таких рек может достигать весьма значительной степени. В тех случаях, когда бассейн рек второго типа еще сохранил в значительной степени покров лесной растительности, или если в бассейне их имеют значительное распространение болота, колебания уровня реки в меженное время не достигают больших амплитуд. Но чем менее выражен лесной покров и реже встречаются в бассейне такой реки болота, тем большим колебаниям подвергается меженный уровень воды в них и может дойти до полного временного пересыхания реки или до обращения ее в бочажную реку во время летнего периода.

Само собою разумеется, что уровень реки зависит в своих колебаниях и от притока делювиальных вод, а уровень рек первого типа и от притока почвенных вод и от поступления в них вод из их притоков второго типа, но на подробном разборе водного режима рек мы здесь останавливаться не можем.

Отсутствие лесного покрова в области реки обычно связано с распашкой прежних лесных площадей, последняя же неразрывно связана с чрезвычайно резко выраженной периодической деятельностью делювиальных потоков.

В связи с меньшим геологическим возрастом рек второго типа элементы из поймы никогда не достигают такой полноты развития, как в реках первого типа, и по большей части в них сильно подавлены песчаные области, особенно область скопления бугристых песков и область притеррасных песков. Но в зависимости от отношения площадей участков поймы к площадям водосборных бассейнов, к ним тяготеющим, могут быть более сильно выражены или область центральной поймы в ущерб притеррасной пойме, или, наоборот, область притеррасной поймы может поглотить в своем развитии область центральной поймы. Наконец, в случае слабо выраженного покрова леса

и болота притеррасная область может быть в большей или меньшей степени погребенной делювиальными сносами с коренного берега, и даже вся область поймы может быть обращена в делювиальный шлейф тяготеющих к ней склонов внепойменных областей рельефа.

Притеррасная область рек второго типа всегда характеризуется отсутствием притеррасной речки, и в ближайших к склону террасы частях поймы мы только наблюдаем периодические ключи или просто мочежины.

В области поймы этих рек всегда отсутствует плывун, как постоянное явление, и лишь временами почва поймы этих рек приобретает временный характер плывуна. Минимальный уровень грунтовой воды на такой пойме не представляет величины постоянной и подвержен колебаниям по временам года.

Области притеррасной поймы рек того и другого типа объединяются одним общим признаком — присутствием в почве их воды, находящейся под напором, причем в реках первого типа эта вода грунтовая, находящаяся под значительным восходящим напором, в реках второго типа это почвенная вода, стремящаяся сюда с тяготеющих к пойме склонов и находящаяся под слабым боковым напором.

Как в том, так и в другом случае вода, притекающая в почву притеррасной поймы, отличается двумя общими свойствами — она не содержит в себе растворенного кислорода, так как последний весь поглощен биологическими процессами тех толщ почвы, через которые прошла вода, и она содержит часто очень значительное количество растворенных закисных солей железа, преимущественно апокрената закиси железа. Кроме того, в обоих случаях вода, проникающая в почву притеррасной поймы, содержит в растворе значительное количество минеральных соединений элементов зольного питания растений. В последнем отношении вода грунтовая и почвенная значительно разнятся. Грунтовая вода содержит вообще меньшее количество элементов пищи растений, и, как правило, в ней отсут-

ствуют соединения фосфора и минеральные соединения азота, и в значительном количестве содержатся углеизвестковая соль, серноизвестковая соль, кремневая кислота, хлористый калий и натрий и соли железа, азот же в ней содержится исключительно в органической форме апокреновой кислоты, связанной с закисью железа. Воды почвенные, проникающие в область притеррасной поймы в реках того и другого типа, содержат в растворе все элементы зольной и азотной пищи растений в форме минеральных соединений, не исключая и солей фосфорной кислоты и нитратов, и содержат, кроме того, значительное количество кремневой кислоты и органического азота в той же форме апокрената закиси железа, который выщелачивается из глеевого горизонта нижних элементов склонов.

Беспрерывное, не прекращающееся ни зимой, ни летом поступление в почву притеррасной поймы воды, лишенной кислорода и достигающей самой поверхности почвы, определяет собою непрерывное в течение всего года господство анаэробиозиса в последней, и это господство особенно ярко выражается в той части ее, где совсем не сказывается влияние делювиальных сносов с террасы коренного берега и овражных выносов из той же области, т. е. в части ее, ограниченной с одной стороны притеррасной речкой и с другой стороны областью центральной поймы и прирусловыми песками. В части же ее, ограниченной притеррасной речкой и коренным берегом и той же речкой и притеррасными дюнами, благодаря ветровым, делювиальным и овражным выносам уровень почвы несколько повышен, и подпор грунтовой воды не достигает поверхности почвы. Здесь преобладающее влияние оказывает приток почвенной воды из внепойменной области, воды, чрезвычайно богатой всеми элементами питания растений, но отравленной закисными солями железа и также не содержащей кислорода, но эта вода движется по направлению уклона, а не снизу вверх, и ток ее отличается меньшим постоянством, достигая максимума своего выражения весной и постепенно ослабевая к осени и по большей части пре-

кращаясь в течение зимних месяцев. Совершенно такие же условия, как только что описанные, мы наблюдаем и на притеррасной пойме рек второго типа.

Таким образом, мы имеем три типа притеррасной поймы: 1) собственно притеррасная область поймы рек, питаемых грунтовыми водами, 2) граничащая с центральной поймой расширенная часть притеррасной поймы рек того же типа, 3) притеррасная пойма рек, питаемых почвенными водами, и, наконец, можно выделить еще один тип, 4) охватывающий притеррасную область таких же рек, как и в третьем типе, но занесенных делювиальными сносами с коренного берега; этот четвертый тип встречается и на притеррасной пойме рек первого типа, и оба случая мало отличаются друг от друга.

Строго говоря, область собственно притеррасной поймы рек, питаемых грунтовыми водами, заключенная между коренным берегом и притеррасной речкой, лишь с известными допущениями может быть отнесена к луговым угодиям; скорее они в природном состоянии принадлежат к лесным угодиям, а после искусственной осушки чаще всего занимаются ценными огородными культурами. Причина последнего явления заключается в том, что, благодаря притоку чрезвычайно обильного количества всех элементов зольного и азотного питания растений, в этой области развивается богатейшая флора, мертвые остатки которой, оставаясь в условиях чрезвычайно резко выраженного анаэробиозиса, образуют мощные залежи торфа, который после осушки области в условиях аэробиозиса подвергается чрезвычайно легко разложению вследствие своего богатства всеми элементами питания растений и представляет богатейшую и отличающуюся чрезвычайной прочностью структуры почву.

Но, с другой стороны, мы должны принять в соображение, что огородная культура требует особых условий для своего успешного и широкого развития, в виде близости центров сбыта, и поэтому далеко не повсеместно может получить

распространение, и поэтому область притеррасной поймы остается по большей части в своем природном состоянии, снабжая население плохим лесным материалом, между тем как в ней продолжает откладываться колоссальное и неиспользуемое богатство, представляющее огромный мертвый капитал народного богатства. В то же время земледелие, ведущееся на более повышенных элементах страны, или не в состоянии сдвинуться с мертвой точки застоя вследствие недостатка тех же питательных элементов в полевых почвах, или же принуждено платить огромные средства за искусственные удобрения, большая часть которых будет вымыта из полевых почв и отложена в той же притеррасной пойме. Но этого мало; несмотря на господство анаэробиозиса в рассматриваемой области, новообразующиеся органические вещества, черпающие свои зольные элементы из тех же залежей их в торфе притеррасной области, все-таки разлагаются в своих поверхностных еще рыхлых горизонтах аэробным путем, и часть минерализованных этим путем зольных элементов и азота уносится водами притеррасной речки и ежегодным разливом реки и безвозвратно пропадает для народного хозяйства. Богатства почвы притеррасной области не представляют простого складочного фонда; они образовались, как результат перевеса прихода этих веществ над расходом их, и совершенно ясно, что как источник прихода — природные богатства полевых почв представляют величину крайне ограниченную; должен неименуемо наступить такой момент, начиная с которого расход этих веществ из почвы притеррасной области станет выше прихода их, и накопленные веками народные богатства, лежащие непроизводительно в то время, как население бедствует, начнут постепенно таять и уноситься в бездонные пучины океана. Поэтому-то простой здравый смысл настоятельно требует, чтобы область притеррасных угодий была возможно быстро обращена в те богатейшие луга, которые на ней могут быть созданы при минимальных затратах труда и капитала, чтобы в виде сена возвратить полевым угодиям те зольные

элементы пищи растений, которые выщелочены из них же, и тем осуществить тот малый круговорот веществ в пределах хозяйственной единицы, который один только может вырвать элементы пищи растений из большого геологического круговорота, ибо не следует забывать, что эти элементы зольного питания растений являются одновременно и единственным основанием всех видов энергии, проявляемых человеком во всех родах его деятельности, и эти вещества находятся в природе в состоянии минимума.

Почти непрекращающийся приток элементов зольного питания и азота в область притеррасной поймы обусловливает собою отложения своеобразных образований, получающихся частью в результате деятельности микрофлоры, частью под влиянием простого удаления избытка угольной кислоты из почвенной воды при ее выходе на поверхность притеррасной поймы в виде ключей, всегда развитых в той или иной степени на склоне террасы и у ее подошвы.

Здесь нужно прибавить, что подобный же приток, но в гораздо слабейшей степени, осуществляется и со склонов области притеррасных дюнных всхолмлений. Под влиянием этих процессов откладывается в почве притеррасной области прежде всего известь, которая в случае значительного содержания ее в почвах и материнских породах внепойменных элементов рельефа отлагается часто очень мощным напластованием «луговой» извести, достигающим нескольких метров толщины. Луговая известь состоит из смеси в самых разнообразных отношениях углеизвестковой соли с апокренатом извести. Не менее распространенным образованием в притеррасной области является охра, представляющая смесь окисной железной соли железной кислоты с апокреновой кислотой и получающаяся путем окисления апокрената закиси железа, выщелачиваемого в эту область из глеевого горизонта почв внепойменной области растительным сообществом железобактерий, которые здесь находят условия для своего природного распространения Третьим

чрезвычайно распространенным образованием этой области является вивианит — фосфорнокислая закись железа, которая здесь также встречается то в виде вкраплений и прожилок, то в виде пластов толщиною в несколько дециметров. Далее встречаются прослойки серы — результат деятельности растительных сообществ серобактерий, серного колчедана — спутника анаэробного процесса Часто мощными пластами дифференцируется инфузорная земля, содержащая, кроме кремневой кислоты, очень значительное количество всех зольных элементов пищи растений и азота, частью в форме белков, частью в форме апокреновой кислоты, и, наконец, очень обильно представлен слизистый торф, состоящий из аморфной массы органического вещества, заключающего колоссальную массу бактерий.

В части, граничащей с песчаными областями притеррасных дюн и вздутых песков, встречается сильно развитой ортштейн. Все перечисленные вещества, представленные в тех или иных количественных отношениях во всякой притеррасной пойме, содержат все необходимые для растений питательные вещества, в особенности же азот, фосфор и известь, и, кроме того, все те же элементы беспрерывно притекают с потоками почвенной воды, количество которой достигает своего максимума весной и с небольшими колебаниями в течение всего лета, в зависимости от выпадения атмосферных осадков, достигает своего минимума к середине зимы, т. е. приток их как раз отвечает изменениям величины требований растений в зольной пище и азоте.

Растительные сообщества притеррасной части области притеррасной поймы, заключенной между коренным берегом главной реки и руслом притеррасной речки, ясно распадаются на две группы, располагающиеся в виде двух зон, особенно ярко выраженных в частях поймы, расположенных в облесенной местности. Первая зона, охватывающая область притеррасной поймы как бы кольцом, как со стороны коренного берега, так

и со стороны притеррасной речки, состоит исключительно из растений автотрофного типа питания. Вторая зона, занимающая центральную часть притеррасной поймы, состоит из представителей как автотрофного типа питания, так и из растений микотрофного типа питания.

Подавляющая масса растений первой кольцевой периферической зоны или, что то же, двух пограничных зон притеррасной поймы, представлена злаками, которые ясно обособляются в особый биологический тип. Чтобы отчетливо представить себе смысл биологических приспособлений этой группы злаков, нужно вспомнить, что как со стороны коренного берега притекает в почву притеррасной поймы почвенная вода, содержащая богатейший раствор всех без исключения питательных веществ, необходимых для растений, так и со стороны притеррасной речки, также под значительным напором, притекает грунтовая вода, содержащая обильный запас почти всех элементов пищи, исключая минеральные соединения фосфора и азота. Последние два элемента проникают в эту область в результате аэробного разложения мертвых остатков растительности центральной зоны, которые сначала залегают рыхлым слоем на поверхности почвы. Минеральные соединения, получающиеся вследствие этого разложения, не могут быть вымыты в почву, так как в последней господствует подпор воды, нагнетаемой в почву со стороны притеррасной речки, так как с противоположной стороны проникновению грунтовой воды в почву мешают делювиальные сносы с коренного берега, которые здесь в конце склона отличаются глинистым характером и перекрывают непроницаемым для воды слоем нижележащий слой песка плывуна. Вследствие такого комплекса явлений продукты поверхностного аэробного разложения органического вещества беспрерывно вымываются током почвенной воды, проникающей на поверхность почвы в направлении к притеррасной речке.

Припоминая то, что мы ранее говорили о приспособленности различных биологических типов злаков к условиям их

питания, мы вправе ожидать здесь вследствие наличности питательных веществ в состоянии раствора в воде появления корневищевого типа злаков. И в действительности все злаки этих двух периферических зон притеррасной поймы без исключения принадлежат к корневищевым злакам. Однако условия среды здесь резко противоречат основным потребностям корневищ, так как вся почва пропитана водой, совершенно лишенной кислорода, необходимого для дыхания корневищ. Мало того, вода содержит в растворе безусловно ядовитые для всех растений закисные соединения железа, которые не могут быть своевременно обезврежены сообществом железобактерий, так как последние живут исключительно на поверхности почвы, почвенная же вода, содержащая особенно большое количество закисной соли железа, притекает по массе почвы и оттуда напором грунтовой воды выдавливается на поверхность почвы, причем грунтовая вода также содержит в растворе ту же закисную соль железа.

В полнейшем соответствии с такими условиями мы видим, что у всех корневищевых злаков этой области во всех органах, начиная от корневищ, развиты широкие трубчатые ходы, видные невооруженным глазом. Эти ходы расположены непосредственно под эпидермисом густым кольцом по всей периферии корневищ, откуда они идут далее в стебли злаков, занимая в них то же положение и проникая далее в листовые влагалища и листья, где они располагаются параллельными рядами, ясно видимыми простым глазом при рассматривании листьев на свет, в виде более светлых полос, чередующихся с сосудистыми пучками. Эти воздушные трубки отделены от воздушных камер устьиц лишь одной тонкой клеточной стенкой, и в них свободно может диффундировать не только атмосферный воздух, но и кислород, получающийся в результате разложения углекислоты хлорофиллоносными клетками листьев и стеблей, и, вероятно, атмосфера этих воздушных каналов по своему составу близка к чистому кислороду. Корни рассматриваемых

злаков также обладают сильно развитой воздухоносной тканью, образуемой широкими межклеточными промежутками. Что действительно роль этой воздухоносной сети состоит не только в проведении кислорода, необходимого для дыхания корневищ и корней, но и для обезвреживания почвы путем окисления закисной соли железа кислородом, диффундирующим из воздухоносных тканей корневищ и корней в окружающую их почву, видно из того, что корневища и корни этих растений всегда бывают окружены более или менее толстым слоем почвы, окрашенной в красный или желтый цвет окисными соединениями железа, в то время как вся остальная масса почвы этой области всегда отличается черным, серым, зеленоватым или голубоватым цветом, зависящим от нахождения в ней солей и окислов железа в состоянии закисных соединений. Кроме того, мы можем сделать предположение, что так как окисная соль апокрената железа представляет соединение, совершенно нерастворимое в воде, то облекающий корневища и корни слой почвы, в котором закисная железная соль апокреновой кислоты окислена в окисную соль, должен быть сцементирован в более или менее прочные трубочки, подобно ортштейну, так как цементирующее вещество здесь то же, что и в ортштейновом горизонте. Действительно, присутствие таких более или менее прочных трубочек, состоящих из глины или торфа, сцементированного апокренатом окиси железа, представляет очень характерный признак почв или торфов притеррасной поймы. В особенно сильной степени эти трубчатые образования развиты со стороны притеррасных дюнных песков, если последние облесены, и иногда при размыве этих песков полой водой, что часто бывает на слоистой пойме, эти трубчатые образования массами скопляются на местах размыва, с которых песок унесен водой. Эти трубки очень часто принимаются за фульгуриты, с которыми они действительно очень схожи, благодаря гладкой внутренней и неровной шереховатой наружной поверхности, но ближайшее наблюдение легко устанавливает их происхождение;

среди них часто попадаются трубочки, пронизанные кольцом тонких отверстий с сохранившимися на некоторых отверстиях остатками тонких трубочек, в которых ближайшее наблюдение легко устанавливает отпечатки корневищ тростника с их корнями. Чрезвычайное развитие воздухоносных систем в этих злаках имеет своим следствием то, что они, обладая в большинстве случаев, за исключением тростника, хорошими кормовыми качествами, дают чрезвычайно объемистое, но очень легкое сено, почему они преимущественно эксплуатируются, как пастбищный корм. Злаки, образующие зону со стороны коренного берега, представлены видами Glyceria aquatica Whlbg., Catabrosa aquatica Pal. Beauv., Scolochloa festucacea Linkt., по направлению к террасе к ним примешиваются Glyceria remota Fries и еще выше Deschampsia caespitosa Pal. Beauv., а по мере приближения к центральной зоне появляется Poa Chaixi Vill, и Glyceria fluitans R. Br., Festuca arundinacea Schreb., Sesleria coerulea Scop. и Poa palustris L. Кроме злаков, мы здесь встречаем Eriphorum polystachium L. и E. latifolium Hoppe, и в этой части зоны начинают появляться, все увеличиваясь в количестве, крупные осоки, образующие высокие кочки и переходящие в сплошной кочкарник центральной зоны. Количество растений других семейств в этой части притеррасной поймы обыкновенно очень ограниченно, и травостой состоит из сплошной массы злаков.

Вторая часть, периферической зоны отличается по своему ботаническому составу от первой. Она начинается от притеррасной речки. Дно последней всегда бывает песчано, и на нем никогда не бывает слоя мертвого ила; оно бывает покрыто лишь разрозненными крупными кусками мертвого органического вещества, находящимися в постоянном движении, благодаря току подпорной грунтовой воды, не допускающей плотного оседания крупных кусков и уносящей мелкие элементы ила. Несмотря на такую чистоту дна речки, русло ее в береговых частях изобилует растительностью. Мы тут встречаем заросли

Potamogeton perfoliatus L., P. lucens L., P. pectinatus L., много Stratiotes aloides L., Ceratophyllum demersum L., Ranunculus aquatilis L., R. circinatus Sibth., Myriophyllum spicatum L., M. verticillatum L., Hippuris vulgaris L., на поверхности воды плавают листья Nymphaea alba L., Nuphar luteum Sibth. et Sm. Polygonum amphibium L., растения Hydrocharis morsus ranae L. и между ними Lemna trisulca L. и L. minor L.; ближе к берегам полосой тянутся заросли Scirpus lacustris L., и Equisetum limosum L., среди которых нередко встречаются Isoëtes lacustre L., еще ближе к берегу и на самом берегу поднимается сплошной стеной Phragmites communis Trin., к которому в воде примешиваются Typha latifolia L. и T. angustifolia L., Sparganium simplex Huds., S. ramosum Hude., Butomus umbellatus L., Glyceria fluitans R. Br., Leerzia oryzoides Sw., Acorus calamus L.; при выходе тростника на берег к нему во все более увеличивающейся пропорции примешиваются злаки Glyceria aquatica Whlbg., Scolochloa festucacaea Link., Phalaris arundinacea L., Agrostis alba L., Alopecurus pratensis L., A. geniculatus L. По мере удаления от берега последние четыре злака начинают преобладать, тростник исчезает, и по мере приближения к центральной зоне все больше начинают появляться крупные, дающие кочки осоки Carex vulpina L., C. riparia Curt., C pseudocyperus L., C. rostrata Stokes., C. acuta L., C. vesicaria L.,C. paradoxa L. и C. caespitosa L., и между ними и среди злаков не образующая кочки Carex canescens L.; кочки осоки продолжаются через всю центральную зону, сливаясь с противоположной частью периферической зоны.

Среди описанной растительности, составляющей основной фон, вкраплено единично и группами большое разнообразие растений. В самой воде мы встречаем: Alisma plantago L., Sagittaria sagittifolia L., Iris pseudacorus L., Caltha palustris L., Polygonum hidropiper L., P. minus Huds., Ranunculus lingua L., Nasturtium palustre D. C., N. amphibium R. Br., Parnasia palustris L., Oenanthe aquatica Lam., O. fistalosa L., Cicuta

virosa L., Lysimachia thyrsiflora L., Menyanthes trifoliata L., Scutellaria gallericulata L., Mentha aquatica L. По мере удаления от воды и разрежения травостоя Phragmites communis, к этой флоре присоединяются; Triglochin palustre L., Heleocharis palustris R. Br., Caltha palustris L., Ranunculus flammula L., Cardamine amara L., C. pratensis L., Potentilla palustris Scop., Geum rivale L., Lythrum virgatum L., L salicaria L.; Sium latifolium L., Peucedanum palustre Moench., Conium maculatum L., Stachys palustris L., Gratiola officinalis L., Veronica spicata L., V. anagallis L., V. Beceabunga L., Galium trifidum L., Valeriana officinalis L., Gnaphalium uliginosum L., Bidens tripartitus L., B. cernuus L., Cacalia hastata L., Senecio fluviatilis Wallr., S. paludosus L., S. paluster Hook., Cirsium palustre Scop., Sonchus paluster L.

Почва периферических зон притеррасной поймы, благодаря огромному содержанию в ней корневищ, не только злаков, но и других членов покрывающего их растительного сообщества, представляет упругую и связную массу торфа, колеблющуюся под ногами и пропитанную до самой поверхности подпорной грунтовой водой, но уже в той части их, где начинается преобладание осок, образующих кочки, поверхность почвы по своей консистенции резко распадается на плотные связанные корнями осок кочки и промежутки между ними, едва связанные корневищами растущих между кочками растений и заполненных полужидкой массой торфа, поддерживаемого в рыхлом состоянии напором проникающей снизу грунтовой воды. Вследствие этого центральная часть притеррасной поймы носит название *ольховых топей* или *ключевых болот*.

Как уже было упомянуто выше, главная масса растительности центральной области притеррасной поймы представлена микотрофной деревянистой флорой, под пологом которой обитает пышная автотрофная растительность, питающаяся как продуктами распада мертвых растительных остатков первой, так и теми элементами пищи растений, которые проникают в

массу почвы как снизу с подпорной грунтовой водой, так и со стороны прибрежной части периферической зоны. Количество элементов питания, проникающее через периферическую зону, вероятно, отличается непостоянным характером, оно должно быть обильным в периоде значительного поступления делювиальных и грунтовых вод, когда роскошная корневищевая растительность периферической зоны не успевает использовать всего избытка притекающей пищи, но в нормальное летнее время, не отличающееся большим избытком атмосферных осадков, этот источник пищи, вероятно, не велик. Указание на это мы видим в том, что в центральной области притеррасной поймы мы встречаемся с появлением бобовых растений Lathyrus palustris L., L. pratensis L., Trifolium hybridum L., T. canescens Wild., T. fragiferum L. и с явлением образования бактериальных клубней на корнях ольхи, что, несомненно, служит указанием на недостатки азота в почве области, ибо мертвые остатки деревянистой растительности, разлагаясь под влиянием грибной флоры, не могут служить источником азотного питания, и если в почвенной воде, протекающей в это время по поверхности болота из периферической области, недостает азота, которого в ней в конце приречных склонов всегда бывает очень много, то весьма вероятно, что и других элементов, содержащихся в ней в относительно меньшем количестве, не будет хватать для питания сообщества центральной зоны притеррасной поймы. Вероятно, что этот недостаток или, вернее, прерывчатость притока элементов зольного питания и служит главным стимулом для роскошного развития в этой области деревянистой микотрофной растительности.

Главная масса микотрофной деревянистой растительности центральной области притеррасной поймы представлена или ольхой, или ивой, часто смесью тех и других. Мы тут встречаем леса Alnus glutinosa Gaertn., A. incana Willd., Salix alba.L., S. fragilis L. и чаще гибрид S. alba × S. fragilis. Под пологом этих высокорослых деревьев мы встречаем

обильный подлесок из S. caprea L., S. triandra L., S. pentandra L., S. cinerea L., S. viminalis L., Prunus padus L., Rhamnus frangula L., Rosa canina L., Evonimus verrucosus Scop., Hippophaë rhamnoides L., Sambucus racemosa L., Lonicera xylosteum L., L. tatarica L., Ribes nigrum L., Rubus idaeus L., R. saxatilis L., R. caesius L., Daphne mezereum L. Среди этой густой древесной и кустарниковой флоры мы встречаемся с изобилием тайнобрачных Struthiopteris germanica Willd., Nephrodium phegopteris Prantl., N. thelypteris Desv., N. cristatum Mich., N. filix mas Rich., Pteridium aquilinum Gleditsch., Athyrium filix femina Roth., зарослями Equisetum silvaticum L., E. limosum L. и огромным количеством мхов Marschantia polymorpha L., с отдельными дерновинками Sphagnum acutifolium Russ. et Warnst., S. amblyphyllum Russ., S. cumbifolium Warnst., S. medium Limpr., S. riparium Angstr., S. subsecundum Limpr., Funaria hygrometrica Sibth., Mnium cuspidatum Leyss., M. Scligeri Jur., Meesea triquetra Brid., Drepanocladus aduncus Hedw. Мхи никогда не образуют здесь сплошного покрова, а растут дерновинками на пнях, кочках, валежнике или в воде между кочками.

Вся эта растительность развивается на общем фоне крупных кочек Carex caespitosa L., C. paradoxa L., C. acuta L., среди которых встречается и много злаков Poa palustris L., P. Chaixi Vill., Glyceria fluitans R. Br., G. remota Fries., Alopecurus geniculatus L., A. fulvus Sm. и масса кислых злаков Sparganium simplex Huds., S. ramosum Huds., Heleocharis palustris R. Br., Juncus filiformis L., J. effusus L., J. conglomeratus L., Scirpus silvaticus L. Кроме того, рассеяна единично и группами богатая флора Veratrum album L., Urtica dioica L., образующая часто целые заросли. Rumex acetosa L., Stellaria aquatica Scop., S. palustris Ehrh., S. graminea L., S. uliginosa Murr., Aconitum excelsum Reichb., Ranunculus ficaria L., R. sceleratus L., R. flammula L., R. lingua L., R. auricomus L., R. repens L., R. polyanthemos L., Thalictrum aquilegifolium

L., T. flavum L., Chelidonium majus L., Nasturtium silvestre R. Br., Chrysosplenium alternifolium L., Filipendula ulmaria Maxim., Sanguisorba officinalis L., Geranium sanguineum L., Oxalis acetosella L., Euphorbia palustris L., Impatiens noli tangere L., Althea officinalis L., Viola mirabilis L., V. uliginosa Bess., V. epipsila Lindb., V. palustris L., Lythrum virgatum L., Epilobium hirsutum L., E. parviflorum Schreb., E. palustre L., Conium maculatum L., Peucedanum palustre Moench., Myosotis palustris Roth., Scutellaria gallericulata L., Stachys palustris L., Gratiola officinalis L., Veronica spicata L., V. anagalis L., Galium palusre L., G. uliginosum L., G. boreale L., Valeriana officinalis L., Gnaphalium uliginosum L., Bidens tripartites L., B. cernuus L., Senecio paluster Hook., Arctium lappa L., Cirsium palustre Scop., Sonchus paluster L.

Заросли крапивы завиты Cuscuta europaea L., а кусты ивы Cuscuta monogyna Vahl., и вся пестрая растительность перевита вьющимися растениями Humulus lupulus L., Aristolochia clematitis L., Calystegia sepium R. Br., Solanum dulcamara L.

Расширение притеррасной поймы по нижнему течению притеррасной речки бывает выражено исключительно на зернистой пойме. Волнистый рельеф слоистой поймы вместе с тяжелыми песчаными осадками половодья не представляет благоприятных условий для образования этих элементов поймы, вследствие благоприятных условий стока воды с грив в лога и вследствие непроницаемости для подпорной воды мелкопесчаных сплошь волосных отложений, парализующих подпор грунтовой воды.

Условия водного режима на этой части мало чем отличаются от тех же условий на остальных частях притеррасной поймы, но условия питательного режима здесь резко отличны. Притеррасная речка совершенно отрезает доступ в эту область почвенным водам, притекающим с коренного берега главной реки, и вместе с ними эта область лишена обильного притока элементов пищи, растворенных в этой воде. Вследствие этого

биологические элементы этой части поймы принуждены ограничиваться только тем количеством элементов зольной пищи и азота, которые приносятся с подпорной грунтовой водой, так как все мелкие осадки, оставленные водой разлива, не могут осесть на дно, так как беспрерывно восходящий ток грунтовой воды поддерживает их во взмученном состоянии, и медленно сбегающая с поймы вода разлива уносит их обратно в реку. Чтобы уяснить себе причину того, что тот же процесс не осуществляется на поверхности центральной поймы, лежащей выше рассматриваемой области, необходимо припомнить, что еще выше по течению реки, в головной части всякого участка поймы, лежит область наибольшего скопления бугристых песков поймы. Пески этой области нагромождаются рекой после ее поворота в голове участка поймы и здесь достигают наибольшей своей мощности, образуя высокие крутые дюнные всхолмления. По мере удаления от головы участка поймы по направлению к области центральной поймы мощность залегания песков, разносимых ветром, делается все меньше, и вместе с тем уменьшается высота дюнных всхломлений, и песчаный покров равномерно утончается в своем залегании над поддонной мореной, составляющей основание всякого участка поймы. Севершенно по той же схеме происходит распространение песков прирусловых и притеррасных дюн, так что между этими областями песков образуется пониженная область, дно которой составлено сначала мелкими дюнными песками, залегающими на поддонной морене, а далее — ниже по течению реки, когда дюнные пески вклинятся, дно этой части составляется поддонной мореной, Таким образом, в той части участка поймы, ограниченной песчаными областями, где на поддонной морене залегают мелкие сплошь волосные пески, откладывается зернистая пойма, так как горизонт волосных песков совершенно непроницаем для гидростатического давления, и осадки полой воды, не взмучиваемые подпорной грунтовой водой, остаются на поверх-

ности участка поймы; там же, где поддонная морена не покрыта сверху мелкими песками, восходящий ток подпорной воды, как мы уже говорили выше, препятствует осаждению осадков зернистой поймы.

Таким образом, эта часть притеррасной поймы лишена и притока обильной зольной и азотной пищи, которыми в форме мельчайшего органического вещества располагает область центральной поймы, и ей приходится довольствоваться только питательными элементами грунтовой воды и тем небольшим количеством органических остатков, которые задерживаются на ней при стекании полой воды обратно в реку вследствие механического сопротивления покрывающих ее отживших стеблей и листьев прошлогодней растительности. Кроме того, почва этой области беспрерывно пропитана подпорной грунтовой водой, лишенной кислорода и содержащей закисные соединения железа, правда, в меньшем количестве, чем почвенные воды, притекающие с коренного берега. Это присутствие подпорной грунтовой воды и заставляет нас причислить эту область к притеррасной пойме.

Такие суровые условия пищевого режима, характеризуемые особенно ярко выраженным недостатком фосфора, который совершенно отсутствует в грунтовой воде, обусловливают чрезвычайную скудость развития и простоту состава флоры этой области.

После пояса Scirpus lacustris L. и Equisetum limosum L. в прибрежной части русла притеррасной речки прямо от воды начинается пояс крупных осок, образующих высокие кочки, Carex vulpina L., C. acuta L., C. pseudocyperus L., C. vesicaria L., C. rostrata Stokes., C. riparia Curt., C. acutiformis Ehrh., реже C. caespitosa L., но кочки здесь не достигают тех больших размеров, какими они отличаются на противоположном берегу, и этот пояс крупных осок, очевидно, использующий питательные вещества, притекающие с противоположного берега речки, не отличается шириной. Редко в нем встречаются, также

придерживающиеся узкой береговой полосы, корневищевые злаки, преимущественно Glyceria aquatica Whlbg., реже Leerzia oryzoides Sw. За этим прибрежным поясом следует совершенно ровный и однообразный покров корневищевых осок с изреженным травостоем, между которыми видна поверхность торфа; осоки отличаются бледным желтоватым цветом и обычно бывают в сильнейшей степени поражены грибными заболеваниями, часто настолько сильно, что большие площади болота обладают ржаво-желтым цветом от поражения листьев осок ржавчинниками. Здесь встречаются Carex paniculata L., C. muricata L., C. elongata L., canescens L., C Goodenoughii Gay., C. stricta Good., C. Buxbaumii Wahlbg., C. aristata R. Br., C. hirta L., C. puallescens L., далее изредка попадаются Heleocharis palustris R. Br., Juncus lamprocarpus L., J. effusus L., Scirpus silvaticus L. Только по мере приближения к центральной пойме начинают появляться злаки, характерные для этой области, и при приближении к области прирусловых дюн появляется слабое подобие периферической области притеррасной части.

Притеррасная пойма рек второго типа никогда не достигает такой степени развития и такой степени дифференциации отдельных своих элементов, как в рассмотренном типе рек. Вследствие отсутствия в ней подпорной грунтовой воды, отсутствуют ключевые топи и совершенно не выражено осоковое болото расширения притеррасной поймы. В этой области в таких поймах наблюдается только выход почвенных вод, свободный сток которых в реку затрудняется конусами овражных выносов с коренного берега. Вследствие такого явления почва этой области обычно бывает снабжена избытком воды, выносящей из почв внепойменной области элементы пищи растений и содержащей в растворе закисные соли железа. В отношении количественного притока воды, а также в отношении содержания питательных веществ эта область также отличается от такой же области рек первого типа. Прежде всего, размер сборного бас-

сейна, тяготеющего к каждой единице длины коренного берега этих рек, всегда значительно меньше той же величины в реках первого типа, что должно, понятно, отразиться на меньшей абсолютной величине притока как воды, так и питательных веществ. Но в отношении количественного состава притекающей сюда пищи мы наблюдаем резкую разницу. Мы уже упоминали о том, что в поймах рек второго типа совсем не развиты области бугристых песков поймы, притеррасных дюн и вздутых песков, и только прирусловые песчаные отложения получают некоторое выражение. Вследствие отсутствия области вздутых песков, а следовательно, и гораздо меньшей степени развития аэробного процесса разложения в тяжелых делювиальных глинистых почвах склонов коренного берега, количественный приток всех элементов питания растений здесь будет выражен гораздо слабее, но в особенно сильной степени это уменьшение отразится на притоке нитратов. Вследствие сказанного корневищевые злаки, характерные для этой области поймы рек первого типа, здесь не находят условий для своего развития, главным образом из-за недостатка азотного питания, и основной фон растительности здесь представлен микотрофной флорой. Здесь преимущественно развиваются, доходя до степени чистых зарослей, Deschampsia caespitosa Pal. Beauv. и Festuca duriuscula L., равно как и Festuca ovina L. Кроме этих травянистых микотрофов, здесь же встречаются небольшими группами и единичные экземпляры и Alnus glutinosa Gaertn. и Salix daphnoides Vill. Только минуту эту большей частью довольно узкую полосу почти исключительно микотрофной флоры, которая может существовать здесь в почве, изобилующей закисными солями железа, благодаря развитию воздухоносной сети в своих надземных и подземных органах, особенно сильно развитой у Deschampsia caespitosa, в которой воздухоносные каналы листьев ясно видны при рассматривании их против света, мы вступаем в область, в которой микотрофная растительность, преимущественно Festuca ovina, обильно перемешана с бобовыми

и автотрофными растениями других семейств. Здесь в изобилии встречается Trifolium hydridum L., T. repens L., T. pratense L., Lathyrus pratensis L. и Lotus corniculatus L. Сильно развиты Festuca pratensis Huds., Phleum pratense L., Agrostis alba L. и A. vulgaris With. Из разнотравия особенно обильно представлены Ranunculus acer L., Rumex acetosa L. и Chrysanthemum leucanthemum L., реже группами Filipendula ulmaria Maxim.

Очень близкую к предыдущей картину, как по условиям водного и питательного режима, так и по обусловленному этими элементами характеру растительного покрова, представляет и тот случай, когда притеррасная пойма занесена делювиальными сносами с коренного берега. При этом разница между поймами рек первого и второго типа исчезает, не считая, конечно, масштаба выражения этого рода угодий. Причина того, что исчезает разница, обусловленная присутствием в притеррасовой пойме рек первого типа подпорной грунтовой воды, лежит в том, что влияние подпора воды элиминируется присутствием на поверхности почвы занесенного притеррасного болота волосного покрова тяжелых делювиальных сносов с коренного берега. Гидростатический напор грунтовой воды затухает в волосной массе, которая к тому же в большей части поверхности занесенного угодья лежит выше верхнего уровня подпора и только в занесенных бочагах и занесенном русле притеррасной речки делювиальные сносы лежат в области действия подпора, но и здесь гидростатический подпор воды в тяжелых глинистых сносах сразу затухает вследствие волосности всех промежутков между частипами делювиальных сносов. Волосное поднятие грунтовой воды в этих сносах также совершенно отсутствует вследствие отсутствия импульса к такому движению, так как поверхностные слои наносов беспрерывно увлажняются притоком с коренного берега почвенных вод.

В результате сочетания таких условий характер флоры такой области тождествен с только что описанным случаем при-

террасной поймы рек второго типа, с тою единственной разницей, что вследствие большой равномерности уклона и отсутствия понижений рельефа, которые в предыдущем случае обусловливались присутствием овражных выносов, в данном случае занесенных общим плащем делювия, здесь вполне отсутствует деревянистая микотрофная флора, которая в предыдущем случае была представлена группами ольхи и вербы.

* * *

Мы уже видели выше, что основной причиной наступления регрессивного периода дернового процесса — перехода луга в болото, является существенное свойство растений луговой растительной формации, приводящее к неизбежному накоплению мертвого органического вещества, и неизбежным следствием последнего явления будет прогрессивное увеличение количественного содержания органического вещества в почве и прогрессивное же уменьшение содержания в почве элементов зольного питания растений. Подтверждение высказанного положения мы видим в ходе дернового процесса в области центральной поймы, где процесс прогрессивного накопления органического вещества на поверхности параллизуется ежегодным отложением новых слоев минеральной почвы и где ежегодный переход части зольных элементов в состояние, не усвояемое растениями автотрофного типа питания, также парализуется ежегодным притоком этих элементов в состоянии легко разлагающегося органического вещества.

Такое же подтверждение предыдущих положений мы встречаем и в ходе развития притеррасного болота в его области, лежащей в непосредственной близости к коренному берегу. Несмотря на сосредоточение здесь всех условий, благоприятствующих анаэробиозису, а сладовательно, и накоплению органического вещества в неразрушенном состоянии, мы такого прогрессирующего накопления органического вещества здесь не

встречаем. Уровень притеррасного болота не поднимается, и процесс роста болота как бы остановился на одной стадии, несмотря на огромную величину ежегодно создаваемого органического вещества. Это явление невольно сопоставляется со свойствами торфа притеррасного болота. Его основное свойство, чрезвычайно ценное с точки зрения сельскохозяйственной эксплуатации этой области, состоит в том, что он во всякое время находится в состоянии так называемой спелости или в состоянии хорошего разложения, т. е. представляет черную структурную аморфную массу, почти не содержащую неразложившихся остатков, кроме крупных остатков древесной растительности. В свою очередь, это свойство притеррасного торфа сопоставляется с его чрезвычайным богатством всеми элементами питания растений, которые беспрерывно притекают к нему с коренного берега.

Не подлежит никакому сомнению, что низшие бесхлорофильные организмы и их природные сообщества подчиняются тем же основным законам, как и высшие растительные организмы и их сообщества. Поэтому понятно, что при прочих равных условиях большую энергию жизнедеятельности проявляют эти организмы в том случае, когда им не приходится ограничивать свои потребности в зольных элементах питания. Поэтому совершенно очевидным является то, что причиной состояния спелости притеррасного торфа служит чрезвычайное богатство элементами зольного питания ежегодно отлагающегося мертвого субстрата — элементами, безусловно необходимыми для развития сообществ бесхлорофильных аэробных растительных организмов — бактерий и грибов, которые разрушают до полной минерализации всех его элементов все количество ежегодно отмирающего органического вещества раньше, чем оно осенними дождями будет прибито к пропитанной водой почве и раньше, чем оно успеет слиться с остальной массой торфа. Это заключение находит себе полное подтверждение в том, что воды притеррасной речки являются местом проявле-

ния самого буйного развития водной флоры, находящей обильное питание, благодаря притоку минерализованных элементов пищи растений из области болота, и в еще более яркой форме подтверждается скоплением в почве болота часто колоссальных масс таких элементов зольного питания растений, которые способны давать трудно растворимые в воде соединения, и мы видели, что в притеррасной части таких болот скопляются залежи фосфорнокислой закиси железа, серы, марказита и углекислой и апокреновокислой извести.

Очевидно, что если отсутствие роста притеррасного болота в вышину или, что то же, замедление до полной остановки процесса регрессивного развития дернового процесса зависит от притока избытка зольных элементов питания, то прекращение этого притока должно неминуемо вызвать прогрессивно усиливающийся процесс этого развития. В природе такое прекращение притока зольных элементов питания растений к притеррасной области может явиться следствием одного лишь усиленного развития на внепойменных элементах рельефа моховых болот, которые, начиная развиваться на водоразделах, быстро завоевывают области склонов, благодаря полному лишению этих элементов рельефа притока зольной пищи растений, которые задерживаются в массе торфа в форме органического вещества. Когда процесс завоевания склонов моховым болотом достигнет известной степени развития, приток питательных веществ к притеррасному болоту должен уменьшиться настолько, что вследствие медленности разложения отложенного в нем органического вещества, благодаря затуханию в нем энергии развития аэробной микрофлоры на все беднеющем зольной пищей субстрате должен начаться и в области притеррасного болота процесс нарастания органического вещества. Такого рода явление можно с отчетливостью наблюдать в восточных уездах Вологодской губернии, где часто рельеф представлен рядами текущих почти параллельно рек, разделенных между собою узкими водораздельными пространствами. Пока развитие

моховых болот ограничивается лишь кульминационной областью водоразделов, до тех пор и тяготеющее к этой части водораздела притеррасное болото сохраняет свой типичный признак. Но по мере того, как моховое болото все ниже спускается в область склонов, и притеррасное болото начинает утрачивать присущее ему богатство и разнообразие флоры, переходя постепенно в осоковое и зеленомоховое болото. И к тому моменту, как моховое болото с водораздела спустится до начала третьей трети склона, навстречу ему начинает подниматься по склону террасы такое же моховое болото, развившееся над притеррасной областью, и очень скоро оба болота сливаются в один сплошной моховой покров, быстро поглощающий остатки лугов со стороны террасы и остатки лесов со стороны водораздельного болота и погребающий под собой и русло реки в верхнем ее течении, благодаря уменьшению интенсивности разливов и отсутствию в весенней воде, стекающей с поверхности болота, взмученных минеральных элементов. Так идет завоевание территории моховым болотом в областях их наиболее яркого проявления.

Полную противоположность торфа притеррасного болота представляет торф моховых водораздельных болот. В природе он всегда встречается в неспелом неразложившемся состоянии, всегда сохраняет свое волокнистое строение, и все мертвые элементы растительных организмов, его слагающих, сохраняют свой внешний вид и отчасти крепость. Рядом с этим содержание элементов зольного питания растений достигает своего минимума, измеряясь иногда долями сотой процента. Заставить такой торф разлагаться можно только, обогатив его предварительно элементами зольного питания растений, для чего на практике вносят в него навоз. Торфы зеленомоховой и осоковый занимают середину между этими двумя крайностями, и даже прослойки осокового торфа, которые составляют нормальный элемент мохового болота, всегда отличаются большей степенью разложенности, чем заключающая их основная масса мохового торфа.

Такая зависимость быстроты разложения мертвых органических остатков от степени их богатства элементами зольной пищи растений проливает полный свет на причины прогрессивности природного развития дернового процесса, который в начале периода господства луговой травянистой формации надвигается очень медленным темпом, и почва лишь с трудом накопляет первоначальный запас структурного мертвого органического вещества, несмотря на то, что как раз в это время прирост рганическо го вещества на единицу площади луга достигает своего максимума; но чем больше прошло времени с момента начала накопления органических остатков в массе почвы и на ее поверхности, тем, все более усиливаясь, прогрессивно возрастает быстрота накопления мертвого структурного вещества вопреки тому, что прирост живой органической массы на единицу площади луга прогрессивно падает, но рядом с этим прогрессивно падает не только абсолютно, но и относительно содержание элементов зольного питания в ежедневно прирастающей массе, благодаря чему должна прогрессивно замедляться быстрота разложения растительных остатков, и стадии регрессивного развития дернового процесса, раз они наступили, совершаются со все возрастающей быстротой.

Если мы припомним, что как уже говорилось в начале этой книги, рельеф внепойменных пространств местности прежде всего оказывает влияние на водный их режим в смысле ускорения стока воды, как поверхностной, так и почвенной, с повышенных элементов рельефа, начиная с водораздела, где быстрота стекания воды достигает максимума своего выражения, и замедление тока тех же вод в пониженных элементах рельефа, кончая долинами-суходолами, тяготеющими к элементам поймы, в которых та же быстрота стекания как поверхностных, так и почвенных вод достигает минимума своего выражения, и через посредство своего влияния на водный режим тот же рельеф оказывается самым могущественным фактором, определяющим собою количественное распределение и устойчивость наличности

запаса элементов зольного и азотного питания растений в почвах различных элементов рельефа, то мы неминуемо должны притти к выводу, что влияние рельефа внепойменных элементов страны должно сказаться на определении различной степени быстроты, с которой совершается ход эволюции дернового процесса на этих различных элементах внепойменного рельефа страны. И действительно, все различие в качествах луговых угодий, расположенных на различных элементах рельефа внепойменной области страны, сводится к разнице в относительной быстроте течения прогрессивного и регрессивного периода дернового процесса, сущность которого остается одна и та же на всей земной поверхности, и различные качества луговых угодий, рассеянных по поверхности страны, представляют лишь статические моменты динамического влияния рельефа на ход одного общего процесса эволюции состава и свойств травянистого покрова страны. В том же влиянии на ускорение или замедление хода прогрессивного и регрессивного периода, развития дернового процесса лежит и причина различной хозяйственной стоимости и ценности природных и искусственно восстановленных лугов.

До настоящего времени широко распространено и пользуется всеобщим признанием то мнение, что явление заболачивания лугов, а следовательно, и самые болота являются функцией скопления воды в массе почвы вследствие ее непроницаемости для воды, и поэтому столь же широким распространением пользуется то мнение, что главная масса болот приурочена к отрицательным элементам рельефа, где вследствие делювиальных сносов сосредоточены наименее проницаемые почвы и где вследствие общего характера режима почвенных вод сосредоточено и максимальное выражение ортштейнового горизонта и максимальное скопление и устойчивость пребывания воды, пропитывающей почвенные горизонты. Если допустить правильность такого взгляда, то придется в силу логической неизбежности сделать и тот вывод, что равнинные реки, берущие свое начало

из болот, текут в гору, так как болота занимают наиболее пониженные элементы рельефа. Такой взгляд, что заболачивание представляет функцию скопления воды в почве, является результатом признания причинной зависимости между двумя процессами, протекающими одновременно и совместно, без достаточной научной критики такого признания, к осуществлению которой при современном состоянии развития естественнонаучных знаний мы имеем полную возможность. Процессы образования болот и процесс скопления воды в почве заболачивающегося угодья, которые действительно всегда протекают совместно и одновременно, в действительности связаны причинной зависимостью, но диаметрально противоположной по своему смыслу и значению вышеприведенному мнению,— не заболачивание является функцией скопления воды в почве, а, наоборот, скопление воды в почве представляет функцию заболачивания и является простым следствием накопления в массе почвы и на ее поверхности мертвого органического вещества, причина же накопления последнего лежит в существенном свойстве луговой растительной формации, и быстрота хода этого процесса накопления мертвых органических остатков находится в причинной зависимости от количественного содержания в почве или притока к ней элементов зольного питания растений в том смысле, что чем ограниченнее количественное содержание в почве или приток к ней элементов пищи растений, тем скорее протекает и процесс накопления органических остатков или процесс заболачивания.

В полном соответствии с только что высказанным положением протекает дерновый процесс на водораздельных элементах рельефа, причем здесь следует оговориться, что, говоря о водоразделах, мы имеем в виду такие положительные высшие элементы рельефа, которые не отличаются большими размерами в ширину и на небольшом пространстве, измеряемом лишь километрами или их частями, переходят в элементы склонов, противопоставляя их водораздельным плато, поперечные размеры

которых измеряются десятками и сотнями километров и которые присущи областям с недостаточно еще расчлененным рельефом. Такие водораздельные плато, по существу процессов водного и питательного режима покрывающих их почв, не отличаются от долин-суходолов, и если рельеф этих водораздельных плато получает соответственное развитие, то на этих вторичных элементах рельефа повторяются те же явления, как и на соответствующих первичных элементах рельефа, а на краях водораздельных плато идут те же явления, как и на водоразделах.

Мы раньше выяснили, что на водоразделе единственным источником пополнения элементов зольного питания растений, беспрерывно выщелачиваемых на элементы склонов, являются те минеральные вещества, которые усваиваются глубокой корневой системой древесной растительности из мощной толщи рухляковой материнской породы и переносятся ее отмирающими надземными органами на поверхность почвы, но с течением времени верхние горизонты материнской породы истощаются в отношении питательных веществ, и естественное возобновление деревьев, размножающихся от семян или не обладающих глубокими корнями, становится неосуществимым, и остаются лишь такие породы, которые обладают очень глубокими корнями и размножаются побегами от корневой шейки; наиболее типичным представителем таких пород является дуб. Вследствие вышесказанного, мы видели, что до тех пор, пока на водоразделе присутствуют такие породы, как дуб, процесс дерновый под пологом его пребывает в стадии прогрессивного развития и под пологом его не образуется болота. Но там, где лесной покров водораздела представлен исключительно породами с неглубокими корнями, как, например осина, или породами, возобновляющимися только от семян, например, ель, там наступает время, когда древесные породы уже не могут возобновляться дальше, ибо молодые растения не могут проникать своими корнями через толщу породы, почти не содержащую

питательных веществ, и на таких водоразделах устанавливается исключительное господство травянистой растительности. До тех пор, пока на поверхности почвы еще присутствуют мертвые остатки древесной растительности, дерновый процесс поддерживается в прогрессивном периоде своего развития, но как только остатки древесной растительности окончательно истлеют, сразу наступает чрезвычайная бедность почвы водораздела минеральными соединениями зольных элементов питания, которые или выщелочены, или переведены в состояние органического вещества. Тогда дерновый процесс принужден сразу вступить в свою регрессивную фазу развития. Эта последняя также принуждена протекать при условиях очень ограниченного количества минеральной пищи, находящейся в распоряжении его микотрофной флоры, и весь процесс быстро переходит в свою последнюю стадию мохового болота, которое и занимает водораздел надолго. В результате всех условий водораздельное болото представляет своеобразный разрез. На поверхности минеральной почвы, сильно и глубоко оподзоленной, но окрашенной органическим веществом лишь на небольшую глубину, часто лишь до 5—10 см, лежит также очень тонкий слой торфа от 5 до 20 см мощностью, состоящий из остатков осок, зеленых мхов и ив, а над ним сразу залегает уже плотный моховой торф. Луга, искусственно созданные на водоразделах, требуют ежегодного удобрения, без которого на них быстро появляются ивы, ситники, осоки и зеленые мхи, и начинается развитие болота, скоро переходящего в стадию сфагнового болота.

Довольно частым явлением на водоразделах и на краях водораздельных плато, являются бугристые пески, которые представляют элювий основной морены, из которой делювиальные потоки вымыли мелкие частицы и отложили их на элементах склонов. Оставшиеся более крупные элементы свеваются ветрами в бугры, аналогичные дюнам, причем такому процессу перевевания подвергаются исключительно песчаные элементы, более же крупные хрящи и камни остаются на месте своего

легания. Таким образом получается характерный ландшафт, состоящий из песчаных бугров с одной покатой и противоположной крутой стороной; эти бугры разделяются впадинами, поверхность которых часто бывает покрыта хрящевыми и щебенчатыми почвами. Обычно эти впадины соединяются друг с другом, образуя извилистые долины. По своему характеру эти области водораздельных бугристых песков имеют много общего с областями бугристых песков поймы с той разницей, что механический состав почв, образующих бугры и выстилающих впадины между ними в областях бугристых песков поймы, не отличается между собою — все элементы рельефа этой области сложены из совершенно однородного материала.

Водный режим эоловых песков отличается разнообразием в зависимости от рельефа их и от характера их покрова. Нужно иметь в виду, что эоловые пески представляют раздельнозернистую массу, все промежутки между частицами которой являются волосными, и, следовательно, вода и воздух в них являются антагонистами. Вместе с тем величина этих волосных промежутков такова, что они стоят на границе возможности проявления как волосных, так и гидростатических свойств в том смысле, что волосное передвижение воды в них совершается очень быстро, но происходит лишь на очень небольшую высоту. Вследствие этого атмосферные осадки быстро всасываются поверхностью песков и, не проникая глубоко, также быстро стекают в виде почвенной воды в пониженные элементы рельефа. Проникшие в песок воды, в том случае, если поверхность песка не покрыта растительностью, хорошо в ней сохраняются, так как поверхностный слой его быстро высыхает и беспрерывно приводится в движение ветром, который перекатывает частицы песка, который и играет роль мертвого покрова, предохраняющего остальную массу песка от высыхания. В том же случае, если поверхность песка покрыта растительностью, то последняя быстро испаряет небольшой запас воды, произведенный такой почвой, нового же количества воды из глубоких

слоев не может быть поднято, и песок быстро высыхает на толщину, немного превышающую глубину распространения корней покрывающих его растений.

В зависимости от такого характера водного режима и питательный режим песков будет отличаться большой неустойчивостью. Весенние воды будут быстро стекать с повышений, освобождая поверхностные горизонты для воздуха, и в них возникнут ярко выраженные условия аэробиозиса. Продукты аэробного разложения органического вещества, скопившиеся в почве в течение этого промежутка времени, будут быстро выщелочены в понижения рельефа первым летним дождем. Такого рода чередование периодов аэробного процесса с периодами выщелачивания всех его продуктов и наступлением периодов анаэробиозиса будет продолжаться в течение всего лета и с наступлением осени сменится беспрерывным периодом анаэробиозиса. Источником зольного питания растений в таких эоловых песках, состоящих исключительно из кварцевых зерен, могут служить только мертвые органические остатки, частью наносимые водой реки, частью погребенные нанесенным ветром песком на месте своего образования или приносимые тем же ветром из мест, откуда происходит и песок.

Из предыдущего видно, что условия существования автотрофной флоры на этих песках будут крайне суровы, как вследствие эфемерности водного режима, так и вследствие скудости минерального питания, особенно же азотного, так как вследствие частого выщелачивания органические остатки будут лишены содержания азотистых составных частей, и разложение их главным образом пойдет под влиянием грибов, разрушающих органическое вещество с выделением свободного азота. Под влиянием этих условий развитие флоры песков возможно только при условии наличности на них бобовых растений которые и являются существенными и характерными ее элементами. Первые бобовые, поселяющиеся на свеженанесенных песках, носят характер эфемеров, приспособленных как

к водному режиму песков, так и к малому содержанию в них зольных элементов — это Trifolium arvense L., Medicago lupulina L. и Medicago minima Bart. В дальнейшем на поверхности бугристых песков появляется двоякая флора бобовых в зависимости от того, продолжается еще рост бугров под влиянием вновь наносимого песка или поверхность песка уже закреплена растительностью. В первом случае кроме вышеназванных эфемеров развиваются полукустарниковые виды бобовых, способные образовывать новые корни из заносимых песком ветвей и таким образом следить за повышающимся уровнем поверхности песков. К таким принадлежат Genista tinctoria L., Cytisus nigricans L., Ononis spinosa L. или же поселяются корневищевые травянистые виды, также могущие выносить постепенное завевание песком, как Trifolium repens L., T. fragiferum L., Astragalus hypoglotis L., Lathyrus pratensis L., Vicia cracca L. На закрепленных растительностью песках к перечисленным видам присоединяются Trifolium montanum L., T. agrarium L., Anthyllis vulneraria L., Melilotus albus Desr., Medicago falcata L. и Lotus corniculatus L.

Одновременно с поселением первых бобовых на свеженанесенных песках поселяются и первые однолетние эфемеры, достигающие здесь предельных карликовых размеров. Наибольшее количество их принадлежит к злакам. Тут мы встречаем Panicum lineare Krock., Anthoxanthum cristatum Boiss., Phleum arenarium L., Apera spica venti Pal. Beauv., Aira caryophyllea L., Eragrostis minor Host., E. pilosa Pal. Beauv., Bromus squarrosus L., B. tectorum L., B. japonicus Thunb. и B. hordeaceus L. Вместе с злаками и бобовыми встречаются Polygonum arenarium W. K., Draba verna L., D. nemorosa L., Berteroa incana D. C., Geranium pusillum L., G. molle L., Erodium cicutarium L'Herit, Plantago ramosa Aschers., Erigeron acer L., Artemisia scoparia Waldst. et Kit.

Пока развиваются перечисленные эфемеры, медленно на основе питания продуктами их разложения развивается группа

многолетних травянистых растений. Эту группу представляют корневищевые растения, обладающие как чрезвычайно длинными поверхностными корневищами, могущими собрать достаточное количество питательных веществ, для удовлетворения потребности этих крупных растений, так и обладающие способностью развивать не менее длинные вертикальные корневища, которые развиваются вверх по мере засыпания узлов кущения песком, образуют новые узлы кущения и новые горизонтальные корневища, так что обычно эти растения имеют как бы несколько этажей корневищ, сохраняющих свою жизнеспособность. Благодаря этому свойству их питание водой всегда обеспечено, ибо нижние этажи корневищ развивают свои корни на большой глубине, где влажность песка очень постоянна. Вместе с тем у некоторых [растений], например, у Elymus arenarius L., на корнях, равно как и на корневищах, нижних горизонтов развивается микориза, что дает им возможность использовать зольные элементы погребенного песком мертвого органического вещества. В связи с развитием микоризы и необходимостью доставки кислорода для дыхания глубокозасыпанным корням, оказавшимся в обстановке полного анаэробиозиса, у этих злаков сильно развита воздухоносная ткань, вследствие чего их стебли, листья и корневища приобретают очень рыхлую объемистую форму. Первое место среди таких растений занимает Elymus arenarius L. и Amophylla arenaria Link., но часто встречаются и другие злаки — Hierochloe odorata Wahlb., Calamagrostis epigeios Roth., Koeleria glauca D. C., Festuca rubra L., Agropyrum repens Pal. Beauv., A. junceum Pal. Beauv., A. elongatum P. B., A. dasyanthum Richter. Кроме злаков, к таким же растениям принадлежат: Equisetum ramosissimum Desf., Asparagus officinalis L., Rumex acetosella L., Euphorbia virgata W. K., Achillea millefolium L., Solidago virga aurea L., Petasites tomentosus D. C., Sonchus arvensis L., Senecio viscosa L. Вслед за этим периодом господства корневищевых растений характер флоры бугристых песков претерпевает одно общее

для всей их области изменение. Вся поверхность песков покрывается микотрофной растительностью, на песках начинает развиваться лес. В том случае, когда поверхность песков не отличается значительной волнистостью, а представляет более или менее ровную поверхность, на них развивается дуб Quercus robur L., образующий светлые рощи, как на водоразделах, так и на притеррасной части поймы, на размытых и выровненных делювиальными водами притеррасных вздутых песках. Под пологом таких рощ развивается умеренно густой, вследствие ограниченности запаса воды травостой, состоящий из подавляющей массы Festuca rubra L. с примесью Koeleria gracilis Pers., Phleum pratense L., Agrostis alba L., A. vulgaris With., Poa nemoralis L., P. pratensis L., Festuca pratensis Huds., с значительным содержанием бобовых Trifolium pratense L., T. montanum L., T. agrarium L., Vicia sepium L. и резко выделяющимися на общем фоне Chrysanthemum Leucanthemum L., Rumex acetosa L. и Dianthus superbus L.

На песках, сохранивших бугристую неровность поверхности, развиваются два типа лесных растительных сообществ. На возвышенных элементах развиваются светлые сосновые леса, в понижениях же между всхолмлениями, где уровень почвенной воды часто повышается до значительной высоты, развиваются еловые леса. В последних, чаще всего под густым пологом ели, развивается густой моховой покров из зеленых мхов, о которых мы упоминали выше, и в массу мхов вкраплены отдельными дерновинками микотрофные полукустарники Pirola secunda L., P. chlorantha Sw., Vaccinium vitis idea L., V. myrtillus L., Myrica gale L., микотрофные травянистые Nardus stricta L., Festuca ovina L. и Molinia coerulea Moench. и автотрофные Cyperus flavescens L., C. fuscus L., C. glomeratus L., Scirpus setaceus L., S. caespitosus L., Carex obtusata Liljeb., C. praecox Schreb., C. arenaria L., C. ligerica Gay., Juncus bufonius L., J. squarrosus L., J. compressus Jacq., J. Gerardi Loisel. В то же время на возвышениях в светлых сосняках поверхность песков покрывается

также специфической микотрофной флорой. Типичной особенностью этого покрова представляется чрезвычайное изобилие лишайников и микотрофных мхов. Из первых наибольшим распространением пользуются два вида Cladonia rangiferina L. и C. silvatica, которые часто доходят до такой степени густоты, что в солнечные летние дни производят иллюзию поверхности, покрытой густым снегом; часто к этим двум видам присоединяются и Cetraria islandica L., и некоторые виды Parmelia. Из микотрофных мхов пользуются распространением Polytrichum strictum Banks. и P. juniperinum Willd., кроме того часто встречаются автотрофные Funaria hygrometrica Sibth и несколько видов Racomitrium. На этом общем фоне низших растений рассеяны группами и единично микотрофные полукустарники и кустарники Arctostaphylos uva ursae Spr., Chimaphilla umbellata Nutt., Calluna vulgaris Salisb., Thymus odoratissimus M. B. и реже Empetrum nigrum L., Hippaphaë rhamnoides L., Rosa pimpinellifolia L., и Juniperus communis L. Часто широким распространением пользуется папоротник Pteridium aquilinum Gleditsch. и очень обыкновенны микотрофные плауны Lycopodium complanatum L. и L. clavatum L. К этой микотрофной флоре присоединяется и такой же злак Festuca ovina L. и орхидея Epipactis rubiginosa Gaud. Из автотрофной флоры здесь широко представлены Phleum Boehmeri Wib., Corynephorus canescens P. Beauv., Koeleria grandis Bess., Secale fragile M. Bieb., Holosteum umbellatum L., Arenaria graminifolia Schrad., Silene tatarica Pers., Fragaria vesca L., Sempervum soboliferum Sims., Polemonium coeruleum L., Anthennaria dioica Gaertn., Helichrysum arenarium Moench. и Hieracium umbellatum L.

Еловые леса впадин и низин песчаных областей не отличаются долговечностью, и естественное возобновление их также встречает затруднения. Причиной этих явлений, вероятно, служит накопление в почве креновой кислоты, не находящей в чистом кварцевом песке достаточно материала для своей нейтрализации

и встречающей значительное затруднение для своего выщелачивания в глубокие слои материнской породы вследствие пропитанности всей породы водой, которая в ней находится в полной неподвижности вследствие волосных свойств породы и отсутствия в ней неволосных трещин, которые здесь не образуются под влиянием полного отсутствия в породе глинистых элементов, и обусловливаемой этим неспособностью породы изменять свой объем под влиянием изменения степени ее влажности. Выщелачивание по уклону поверхности также встречает затруднение вследствие накопления в почве значительного количества мертвых органических остатков. Приток же креновой кислоты к почвам этих низин и долин очень велик, так как кроме той, которая беспрерывно образуется вследствие разложения мертвых отбросов ели, сюда же периодически притекает все количество креновой кислоты, которая образуется под покровом соснового леса на повышенных элементах рельефа и каждым дождем выщелачивается из их почвы в почву низин. Вероятность этой причины находит себе подтверждение в том, что в таких низинах часто образуется торф, состоящий из преобладающего количества остатков деревянистой растительности, которые остаются без разложения, ибо грибная флора не может развиваться в среде, содержащей даже сравнительно небольшое количество креновой кислоты — биологического отброса грибной флоры. Под влиянием той же креновой кислоты прекращается и деятельность микрофлоры корневой системы ели. Вследствие таких условий в таких низинах остаются лишь такие микотрофные растения, корневая система которых расположена в самых поверхностных горизонтах отлагающегося торфа,— такими растениями являются Calluna vulgaris Salisb. и Empetrum nigrum L., к массе которых присоединяются Vaccinium myrtillus L. и V. vitis idaea L. а также Genista tinctoria L. Чрезвычайно рыхлая масса торфа, откладываемая этими растениями на рыхлой и запутанной сети их горизонтальных стеблей и ветвей, дает возможность развиваться лишь таким при-

способленным к колебаниям влажности почвы растениям, как Festuca ovina. Образовавшееся сухое болото-верещатник прирастает вверх чрезвычайно медленно и образует нетолстые слои верескового торфа, содержащего очень малое количество золы. Лишь в тех случаях, когда ряд низин между песчаными всхолмлениями образует ясную долину, по которой хотя временами устанавливается ток воды, вышеописанные условия до известной степени разрежаются, и в таких долинах начинается обычный процесс образования болота, которое через короткое время вследствие скудости первоначального запаса элементов зольной пищи переходит в стадию сфагнового болота.

Под влиянием растительности, развивающейся под пологом соснового леса на повышенных элементах рельефа бугристых песков, в поверхностных горизонтах также накопляется мертвое органическое вещество и преобладающей становится микотрофная Festuca ovina L., которая на нижних элементах склонов сменяется Nardus stricta L. Эти плотнокустовые злаки постепенно вытесняют всю другую растительность, главным образом однолетние эфемеры, лишайники и корневищевые злаки, и между кустами их остаются лишь Calluna vulgaris Salisb., бобовые и многолетние эфемеры. Из числа последних, не упоминавшихся выше, чаще других встречается Anemone patens L. и Anemone pratensis L., и, кроме вереска, часто появляются Thymus odoratissimus M. B. и T. serpyllum L. Естественное возобновление сосны, вследствие отчасти сухости рыхлой массы органических остатков, накопляющихся между лежачими побегами мелких кустарников, отчасти плотности кустов овечьей овсяницы, делается очень затруднительным, и постепенно сосновый лес сменяется тощим лугом, состоящим из Festuca ovina L., Nardus stricta L., Festuca rubra L., Agrostis vulgaris With. и Carex ericetorum Poll. Среди этого редкого травостоя группами и единично вкраплены: Rumex acetosella L., Holosteum umbellatum L., Alsine tenuifolia Crantz., Herniaria glabra L., Dianthus arenarius L., D. deltoides L., Viscaria viscosa Aschers.

Ranunculus acer L., Sedum acre L., Fragaria vesca L., Potentilla argentea L., P. recta L., P. anserina L., Alchemilla vulgaris L., Polygala vulgaris L., Hypericum quadrangulum L., H. perforatum L., Viola canina Rchb., V. collina Bess., Pimpinella saxifraga Carum carvi L., Myosotis arenaria Schreb., Veronica verna L., V. chamaedrys L., Succisa praemorsa Aschers., Campanula rotundifolia L., Antennaria dioica Gaertn., Inula hirta L., Anthemis tinctoria L., Achillea millefolium L., A. absinthium L., Jasione montana L., Leontodon hispidus L., L. autumnalis L., Hieracium pilosella L. К этой массе разнотравия, не достигающей никогда значительной степени развития и густоты, присоединяются еще и бобовые Trifolium arvense L., T. montanum L., T. pratense L., T. procumbens L., T. repens L., T. spadiceum Willd., Lotus corniculatus L., Medicago falcata L., Anthyllis vulneraria L. Эти тощие луга постепенно завоевываются распространяющимся из понижений рельефа песков моховым болотом или верещатниками.

* * *

После рассмотрения условий, в которых протекает дерновый процесс на элементах притеррасной поймы, анализ тех же условий для нижних элементов склонов не представляет больших затруднений и не займет нас долгое время. Очевидно, что нижние части склонов, а также и долины-суходолы будут представлять много общего с периферической зоной притеррасной поймы в части ее, прилегающей к коренному берегу, так как эта последняя зона служит естественным продолжением интересующих нас сейчас областей. Разница между ними будет заключаться лишь в том, что в области нижних элементов склона и долин-суходолов мы никогда не встречаем подпорной грунтовой воды, сходство же между этими областями вызывается присутствием в той и другой постоянного и неглубоко залегающего горизонта почвенной воды, которая вследствие постоян-

ного испарения воды из поверхностных горизонтов почвы растительностью беспрерывно проникает волосным током вверх, причем этот восходящий ток волосной воды лишь временами ослабевает под влиянием притока к поверхности почвы атмосферной или делювиальной воды. Мы уже знаем, что этот ток [почвенной] воды несет с собою богатый запас всех элементов пищи растений, но что одновременно эта вода совершенно лишена кислорода и содержит в растворе закисные соединения железа. В тех случаях, когда мы имеем дело с притеррасной поймой, занесенной делювиальными сносами с коренного берега, всякая разница между этими двумя областями сглаживается.

Очевидно, что под влиянием непрекращающихся условий анаэробиозиса, определяемых пропитанностью почвы грунтовой водой, накопление органического вещества в почве нижних элементов склонов и долин-суходолов идет чрезвычайно успешно, и накопляющееся мертвое органическое вещество попадает в условия анаэробиозиса вследствие своего богатства содержанием питательных веществ в состоянии значительного разложения, и поэтому почвы этих угодий всегда представляют черную рыхлую раздельнозернистую массу, рыхло связанную массой корней и нередко содержащую вкрапления извести и вивианита. Это так называемые «чернораменные земли».

Растительное сообщество, покрывающее эти нижние элементы склонов, состоит преимущественно из почвы чистых зарослей Deschampsia caespitosa Pal. Beauv., достигающей здесь наиболее пышного развития и своими огромными кустами придающей поверхности луга неровную поверхность; не менее пышного развития достигает здесь, но обыкновенно несколько выше по уклону, и Festuca duriuscula L., к которой на черноземе часто присоединяется Bromus erectus Nuds., и в промежутках между кустами их развиваются автотрофные Briza media L. и Hierochloë odorata Wahlb. Неудержимым стремлением к распространению на таких лугах отличаются кустарниковые ивы, неоднократно упоминавшиеся

выше, и среди ивовых куртин всегда процветает присущая им автотрофная флора. Количество разнотравия на таких лугах бывает обыкновенно ограниченным, и в особенности это касается весенних эфемеров: об этих составных элементах растительного сообщества плотнокустовых злаков мы говорили выше.

Типичной отличительной чертой лугов этого порядка представляется чрезвычайно медленное течение дернового процесса. Вследствие обильного притока элементов зольного питания растений с расположенных выше элементов склона наступление регрессивного периода развития дернового процесса задерживается энергично идущим процессом самостоятельного аэробного разложения мертвого органического вещества до его слияния с массой почвы, и наступление процессов образования болота может произойти только под влиянием надвигающегося с водораздела мохового болота, которое, завоевывая, как об этом говорилось выше, элементы склонов, прекращает приток зольной и азотной пищи и вызывает по мере своего надвигания переход луга сначала в периферическую область мохового болота, и в дальнейшем поглощает и всю поверхность склона так же, как мы это видели в притеррасной области склона.

В разрезе моховое болото, поглотившее элементы склонов или долин-суходолов, сразу и резко отличается от типичного водораздельного болота. В последнем тонкая, часто с трудом выявляемая прослойка травяно-осокового торфа залегает непосредственно на неокрашенной перегноем почве, которая часто отличается значительным присутствием песка, хряща и даже камней, и над тонкой прослойкой этого торфа непосредственно залегают мощный пласт мохового торфа. В первом подстилающая торф минеральная почва лишь с большим трудом может быть отграничена от органической массы торфа. Минеральная почва всегда глинистая, не содержащая хряща или камней, окрашена на большую глубину в темный цвет аморфным перегноем, и сверху количество сильно разложившихся черных органических остатков возрастает настолько сильно и так

незаметно сливается с лежащим выше мощным горизонтом такого же сильно разложившегося черного органического вещества, что провести границу между двумя горизонтами, особенно на влажном разрезе, совершенно невозможно. Черный горизонт сильно разложившегося травяного торфа достигает часто 1—1,5-метровой толщи, и за ним следует хорошо дифференцированный, обыкновенно мощный горизонт осокового торфа периферической зоны мохового болота, и только выше последнего начинается толща мохового торфа, обыкновенно сильно превосходящего мощность водораздельных торфов и заключающего часто несколько горизонтов сосновых пней.

Элементы склонов, лежащие между водоразделами и третьей третью склона, по всем своим свойствам занимают среднее положение между этими двумя крайностями, приближаясь к той или другой из них в зависимости от близости своего положения к ним. Фактически эти элементы рельефа в большинстве случаев бывают распаханы под полевые угодья, в тех же областях, где подобная распашка еще не совершалась, она становится фактом тотчас по заселении области, или же она остается нераспаханной в области тундры и солонцев, где и весь почвообразовательный процесс состоит из совершенно иной комбинации биологических процессов, или в областях преобладания степной травянистой растительной формации.

Прежде чем закончить изложение влияния рельефа местности на ход дернового процесса, необходимо сказать несколько слов о процессе зарастания озер и заводей рек. Обычно этому процессу придают слишком преувеличенное значение, так что получается такое впечатление, что все болота произошли путем зарастания озер.

Но если вспомнить, что часто встречаются болотные массивы, охватывающие сотни и тысячи квадратных километров, массивы, погребающие под своими толщами все элементы бывшего рельефа страны от водораздела до речных долин включительно, то станет ясным, что такие болота образоваться путем

зарастания озер не могли и что, обобщая единичные случаи образования болот на месте бывших озер на все случаи развития болот, мы делаем грубую логическую ошибку, носящую в математике название экстраполяции.

По существу самый процесс заполнения водных бассейнов органическим детритусом нельзя без больших условностей и допущений рассматривать как случай проявления дернового процесса. Правда, в этом процессе принимают участие и явления создания и разрушения органического вещества, правда, этот процесс играет известную роль в круговороте элементов зольного питания растений, но все эти признаки неразрывно связаны со всяким проявлением жизни на земной поверхности, в луговодстве же мы изучаем лишь те процессы, которые неразрывно связаны с почвой, т. е. с продуктами воздействия биосферы на наземные поверхностные горизонты литосферы, т. е. на элементы суши, предоставляя изучение тех же элементов гидросферы совершенно самостоятельной научной дисциплине — *океанографии*, и в данном частном случае одной ее главе, *лимнологии*.

Только после того, как бассейн озера или заводи будет занят до берегов заполнившей его органической массой и бывшая поверхность воды станет фактически сушей, на ней начнет проявляться дерновый процесс. Если принять в соображение, что всякое озеро занимает низшую по абсолютной высоте поверхность части рельефа, тяготеющей к озеру, то станет понятным, что по существу процессов, влияющих на проявление дернового процесса, заросшая поверхность озера не будет отличаться от области притеррасной поймы, причем могут быть и два основных случая, которые мы расчленили по отношению к притеррасной пойме,— могут быть озера, питаемые и грунтовой водой и делювиальной водой или питаемые только делювиальной водой, как это имеет место в реках первого и второго порядка.

Совершенно так же, как и в притеррасной пойме, к берегам озера будет притекать беспрерывно поток почвенной воды,

| Классификация угодий природной кормовой площади | Краткая характеристика природных кормовых угодий | Класс |
|---|---|---|
| ***а. Луга и болота поемные*** | | |
| **1. Области центральной поймы** | | |
| *а. Область зернистой поймы* | | |
| 1) Средная часть на тяжелых зернистых глинах | Ежегодно заливаемые, но не подверженные ледоходу луга, состоящие почти исключительно из корневищевых и рыхлокустовых злаков высшего хозяйственного качества. Никогда не подвергаются заболачиванию . . | I |
| 2) Притеррасная и прирусловая части на зернистых суглинках | Ежегодно заливаемые и не подверженные ледоходу луга, состоящие из корневищевых и рыхлокустовых злаков с незначительной примесью разнотравия и иногда сорных растений. Никогда не подвергаются заболачиванию . . . . . . . . . . . . . . | I |
| *б. Область слоистой поймы* | | |
| 1) Луга низкого уровня | Ежегодно заливаемы и подверженные ледоходу при глубокой воде луга, состоящие из корневищевых и рыхлокустовых злаков высшего хозяйственного качества, с незначительной примесью бобовых и разнотравия и склонные к зарастанию ивняком и многолетними сорняками . . . . . | I |
| 2) Луга среднего уровня | Ежегодно заливаемые и подверженные ледоходу при мелкой воде луга, состоящие из рыхлокустовых и корневищевых злаков высшего хозяйственного качества с резким преобладанием бобовых и значительным содержанием разнотравия; всегда содержат группы кустарниковых ив, а часто и полукустарниковых бобовых, равно как многолетние, двулетние и однолетние сорняки . . . . . . . | II |

| Классификация угодий природной кормовой площади | Краткая характеристика природных кормовых угодий | Класс |
|---|---|---|
| 3) Выгоны высокого уровня | Горбы и гривы с несомкнутым травостоем плотнокустовых злаков, полукустарниковых бобовых, разнотравия и сорняков . . . . . . . | V |
| **II. Области притеррасной поймы** | | |
| 1) Луга притеррасной области долин рек, не питаемых грунтовой водой, или рек, питаемых грунтовой водой, но тогда занесенных песчаными аллювиальными наносами | Луга, состоящие из злаков плотнокустового и корневищевого типа со значительной примесью разнотравия и с группами ив и ольхи; не подвергаются заболачиванию . . . . . . | III |
| 2) Болотистые выгоны периферической зоны между коренным берегом реки и притеррасной речкой | Болотистые пространства, покрытые крупными корневищевыми злаками, дающими чрезвычайно объемистое и легкое сено со значительной примесью осок и грубого разнотравия; изобилуют кусты ив и ольхи . | V |
| 3) Болота центральной части притеррасной области между коренным берегом реки и притеррасной речкой | Ольховые топи или ключевые болота, покрытые крупными кочками, недоступны для скота . . . . . . | — |
| 4) Болота расширенной части притеррасной области между притеррасной речкой и центральной поймой | Осоковые болота с изреженным травостоем . . . . . . . . . . . . | — |
| **III. Области бугристых песков поймы** | | |
| *а. Область наибольшего скопления бугристых песков поймы и центральной дюны* | | |
| 1) Прибрежные живые бугристые пески | Голые песчаные пространства, белые дюны . . . . . . . . . . . . | — |
| 2) Волнистые пески, прилегающие к центральной пойме | Скудные луга с изреженным травостоем из плотнокустовых и корневищевых злаков с значительной при- | |

| Классификация угодий природной кормовой площади | Краткая характеристика природных кормовых угодий | Класс |
|---|---|---|
| | месью разнотравия и бобовых. Излюбленное природное местообитание сосновых лесов . . . . . . . . . . | IV |
| *б. Область прирусловых дюн* | | |
| 1) Живые прирусловые дюны | Голые бугристые пески . . . . . | — |
| 2) Область, прилегающая к центральной пойме | Скудные луга с изреженным травостоем злаков корневищевых и плотнокустовых с большим количеством разнотравия и бобовых, с куртинами ив, крупных щавелей и крупных двулетних сорняков, преимущественно зонтичных . . . . . . . . . . . . | IV |
| *в. Область притеррасных дюн* | Луга с изреженным травостоем плотнокустовых и корневищевых злаков с значительным количеством разнотравия и бобовых. Охотно занимаются ольховыми лесами . . . . . . | IV |
| **IV. Переходные области от поймы к внепойменным элементам** | | |
| 1) Луга притеррасной области, занесенной делювиальными сносами с коренного берега | Луга с преобладанием плотнокустовых и корневищевых злаков, с хорошим травостоем, плотным, но не высоким. Значительное количество многолетнего разнотравия, много мелких щавелей, единичные куртины ив и ольхи. Часто покрыты светлыми дубовыми лесами . . . . . . . . . | III |
| 2) Область вздутых песков | Скудные луга с изреженным травостоем плотнокустовых злаков с обильным разнотравием и бобовыми. Образуют осоковые болота в понижениях рельефа, легко порастающие вереском. На возвышенных элементах превосходные сосновые боры. . | IV |

| Классификация угодий природной кормовой площади | Краткая характеристика природных кормовых угодий | Класс |
|---|---|---|
| *б. Луга и болота внепойменных элементов рельефа* | | |
| **I. Область водораздела** | | |
| 1) Водораздельные луга | Скудные луга со смешанным изреженным злаковым травостоем, с содержанием бобовых, манжетки, ожик, зеленых мхов и зеленых полупаразитов; быстро покрываются ситниками, белоусом и заболачиваются . . | IV |
| 2) Водораздельные болота | Моховые болота, быстро распространяющиеся кругом, окруженные очень узкой периферической зоной | — |
| 3) Живые водораздельные бугристые пески | Крупнозернистые ребристые голые пески; пониженные элементы рельефа их зоны—хрящевые почвы. Легко заселяются сосновыми борами . . . | — |
| 4) Пастбища водораздельных бугристых песков | Несомкнутый плотнокустовой злаковый травостой, бобовые, изреженное разнотравие и лишайники. Легко заселяются вереском . . . . . . . . | V |
| 5) Болота понижений водораздельных бугристых песков | Осоково-травяное болото, легко переходящее в моховое и верещатники. | — |
| 6) Лесные покосы водораздельных плато на глинистых почвах | Плотнокустовой сомкнутый травостой с значительным содержанием бобовых, разнотравия и зеленых полупаразитов . . . . . . . . . . . . | III |
| **II. Область первой трети склона** | Болотистые лесные покосы и пастбища; белоус, манжетка Polytrichum, мхи . . . . . . . . . . . . . . . . | IV |
| **III. Область подошвы склона** | | |
| 1) Луга | Ровные или кочковатые луга с сомкнутым травостоем плотнокустовых злаков, с умеренным количест- | |

| Классификация угодий природной кормовой площади | Краткая характеристика природных кормовых угодий | Класс |
|---|---|---|
| | вом многолетнего разнотравия и редкими куртинами ив. Бобовых мало | III и IV |
| 2) Болотистые луга | Кочковатые мокрые луга с сомкнутым травостоем осок и плотнокустовых злаков. Многолетнее обильное разнотравие. Бобовых нет. Обильные куртины ивняка . . . . . . . | V |
| **IV. Область долин-суходолов** | | |
| 1) Луга | То же, что III, I, но с большим количеством ив . . . . . . . . . . | III и IV |
| 2) Болотистые луга | То же, что III, II, но с большим преобладанием осок и ситников и более частыми куртинами ив . . . . | V |
| **V. Переходная область от внепойменных элементов рельефа к пойме** | | |
| 1) Луга по берегам зарастающих озер | Кочковатые мокрые луга с сомкнутым травостоем из осок, ситников, плотнокустовых и грубых корневищевых злаков. Изобильное многолетнее разнотравие. Бобовых нет. Куртины ив и ольхи . . . . . . . . . | V |
| 2) Озерные болота | От осокового до мохового. Трясины . . . . . . . . . . . . . . . . | — |
| ***в. Степные покосы и пастбища*** | | |
| **I. Бурьянистые перелоги** | Однолетние и преимущественно двулетние сорняки . . . . . . . . | V |

| Классификация угодий природной кормовой площади | Краткая характеристика природных кормовых угодий | Класс |
|---|---|---|
| **II. Мягкие пырейные перелоги** | | |
| 1) Высокие | Изреженный, но сомкнутый травостой пырея с значительным содержанием бобовых . . . . . . . . . | II |
| 2) Низкие | Сплошной сомкнутый травостой высокого пырея; бобовых нет . . . | I |
| **III. Твердые тонконоговые перелоги** | Несомкнутый травостой тонконогов с значительным содержанием бобовых . . . . . . . . . . . . . . . | III |
| **IV. Твердые типцовые перелоги** | Несомкнутый кустовой травостой типцов, значительная примесь бобовых и многолетнего разнотравия. Примесь черной и белой полыни. Исключительно пастбища, особенно ценные для зимней пастьбы . . . . | III |
| **V. Ковыльные степные пастбища** | Очень рассеянный кустовой травостой тырсы, ковыля и типца, обильные весенние эфемеры. Много бобовых и полукустарников и осеннего многолетнего разнотравия. Обильная примесь полыни . . . . . . . . . | IV |
| **VI. Полынные степные пастбища** | Очень рассеянный покров белой и черной полыни, редкие кусты тырсы, ковыля и типца; много тысячелистника, обильные полукустарники, много бобовых, весенних эфемеров, солянок и осеннего разнотравия . . . . . . . . . . . . . . . . | V |

обладающей теми же свойствами, и мощность этого потока будет определяться величиной водосборной площади, тяготеющей к соответствующей части берега озера. Поэтому проявление дернового процесса на поверхности заросшего озера представляет собой лишь частный случай проявления дернового процес-

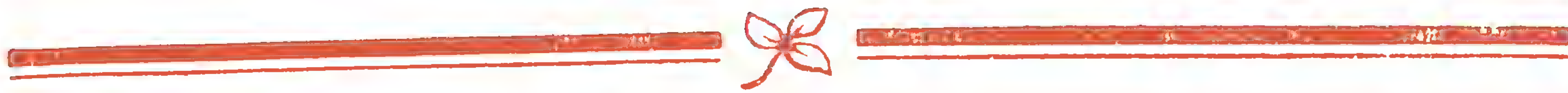
са в притеррасной пойме, и все те выводы, которые мы сделали по отношению к притеррасному болоту, целиком относятся и к образованию болота на месте заросших озер.

* * *

Все главное, сказанное о влиянии рельефа на характер проявления дернового процесса, мы можем резюмировать в следующей схеме классификации природных лугов сенокосов и пастбищ; при характеристике хозяйственного значения угодия мы будем относить его к пяти классам, причем в I класс будут относиться луговые угодья, дающие сена от 12000 до 8000 кг на гектар, во II класс — дающие урожаи сена от 5000 до 2000 кг на гектар, в III класс — от 3000 до 2000 кг, в IV класс — от 2000 до 1000 кг на гектар[7], в V класс отойдут угодия, не окупающие сенокошения и могущие быть использованными только как пастбище, и, наконец, совсем не будут отнесены к какому бы то ни было хозяйственному классу такие угодия, которые могут стать предметом хозяйственного пользования только по применении к ним коренных улучшений.

# ЛУГОВОДСТВО
# И
# КОРМОВАЯ ПЛОЩАДЬ





# ВВЕДЕНИЕ [8]

## ФАКТОРЫ ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ

При настоящем состоянии наших знаний мы умеем готовить органическое вещество, служащее нам непосредственной пищей или основным сырьем в пищевой промышленности и в легкой индустрии, только выращивая его культурой растений или преобразовывая растительное сырье в продукты животноводства.

Зеленое растение требует прежде всего *материала* для изготовления своего *продукта — органического вещества*. Этот материал представляет *свет*.

Растение своими зелеными элементами, микроскопически мелкими *хлоропластами*, поглощает частицы — *электроны — света*. Поглощенный свет преобразовывается хлоропластами в новую форму движения материи — в *химическое средство*, соединяющее простые минеральные соединения в сложные формы органического вещества.

Ясно, что для того, чтобы производить *работу* преобразования света в химическое сродство, зеленое растение должно иметь *источник этой работы*. Этот источник работы представляет *тепло* — иная форма движения электронов — поглощаемое теми же хлоропластами. Продукт растениеводства, органическое вещество, заключает в себе свет, преобразованный в химическое сродство, соединяющее в одно целое простые минеральные соединения, слагающие органическое вещество.

Очевидно, что зеленое растение должно иметь в своем распоряжении эти *простые минеральные соединения*. Они носят в сельскохозяйственном производстве общее название *пищи растений*. Пища притекает к растению частью из воздуха в форме *углекислоты*, частью из почвы в виде воды и *простых минеральных солей*, которые имеются в почве или вносятся в нее в форме удобрения.

Зеленое растение в течение всей своей жизни производит работу преобразования света. Эта работа производится теплом, поглощенным хлоропластом. По окончании процесса этой работы тепло вновь выделяется из рабочей — зеленой — поверхности растения. При своем выделении тепло нагревает зеленую поверхность растений. Так как хлоропласты приспособлены к работе только в определенных пределах температуры, то рабочая поверхность растения требует беспрерывного охлаждения. Это охлаждение совершается непрерывным испарением воды со всей зеленой поверхности.

Кроме того, усиленная потребность в испарении воды зеленой поверхностью растений вынуждается еще следующим обстоятельством.

Зеленый рабочий элемент растений — хлоропласт — может образовывать (синтезировать) только *безазотное* органическое вещество — сахар (глюкозу). Хлоропласт же уплотняет частицы (молекулы) сахара, обращая их в частицы *крахмала*.

Но кроме сахара и крахмала, принадлежащих вместе с клетчаткой и некоторыми другими веществами к группе углеводов, в состав всякого растения входят *жиры* (масла) и *азотистые вещества* (белки и др.) Частицы жиров и белков еще более уплотнены по сравнению с крахмалом, а в состав белков входит и азот.

Работа уплотнения частиц жиров и белков недоступна хлоропласту, и ее производит второй рабочий элемент зеленого растения — *бесцветные пластиды*, или *лейкопласты*.

Работа присоединения азота к уплотненным безазотным соединениям доступна только низшим незеленым организмам — бактериям, грибам, повидимому, простейшим животным (инфузориям и др.) и лейкопластам. Все эти организмы не окрашены в зеленый цвет и поэтому не способны поглощать тепловые лучи и нуждаются в ином источнике работы.

Особенно важное значение в жизни зеленых растений имеет работа лейкопластов по образованию белков. Это станет совершенно ясным, если мы вспомним, что все существенно важные части зеленых растений — хлоропласты, лейкопласты, органы размножения растительных клеточек — ядро и протоплазма — состоят из белков и, следовательно, самое увеличение рабочей поверхности растений, их рост и развитие, неосуществимо без белков.

Источником работы лейкопластов служит расщепление посредством дыхания части углеводов, образованных хлоропластами. При расщеплении части образованных хлоропластами углеводов освобождается химическое сродство. Оно преобразовывается лейкопластами в работу по уплотнению в белки или жиры части неразрушенных ими углеводов и в химическое сродство, необходимое для связывания азота в белках и уплотнения частиц углеводов. В среднем в зеленых растениях для обеспечения работы лейкопластов разрушается половина всего количества углеводов, образованных хлоропластами.

Как и во всяком другом случае, совершившее работу количество электронов выделяется из рабочей поверхности растений в форме тепла и нагревает ее. Для охлаждения этой поверхности необходимо испарение нового количества воды.

Очевидно, что чем больше накопляется в растении белков или жиров, тем больше должна быть работа лейкопластов и тем больше должно растение затрачивать воды для охлаждения своей рабочей поверхности. Этим и определяется огромная разница потребления воды различными группами растений для образования одной весовой единицы сухого вещества. Мы

видим колебания от 300 до 600 весовых единиц воды для образования одной такой же единицы сухого вещества у крахмалистых хлебов и 1200—1500 весовых единиц воды для образования одной весовой единицы сухого вещества кормовых растений или масличных растений, богатых белками.

Из всего сказанного ясно, что *свет*, *тепло*, *пища и вода* безусловно необходимы для развития зеленых растений. Они называются *факторами жизни зеленых растений*. Очевидно, что они все должны *одновременно* притекать к зеленому растению в *полном количестве*, необходимом для поддержания высшей производительности работы зеленого растения по образованию органического вещества. Если какой-либо из этих факторов притекает в недостаточном количестве, то он тотчас приобретает производственное значение *ограничивающего фактора*, снижающего производительность работы образования органического вещества зелеными растениями. Вместе с тем *недостаточный приток одного фактора сразу делает непроизводительным соответствующее количество притока всех других факторов*.

В сельскохозяйственном производстве под открытом небом, при современном состоянии развития техники, мы должны разбить четыре фактора жизни зеленых растений на две группы: свет и тепло — факторы *космические*, вода и пища — факторы *земные*, или «*стихийные*». Это разделение, конечно, не имеет в производственном отношении значения *качественного различия*, и к нему нужно относиться как к временному разграничению, обусловленному современным несовершенством наших технических средств количественного регулирования притока света и тепла. Мы уже достигли при культуре под стеклом возможности количественно регулировать в производственном масштабе приток к растениям света и тепла, и возможность этого регулирования в еще более широком масштабе не более как вопрос времени.

Но и при современном состоянии наших знаний мы не обре-

чены на пассивное преклонение перед космическими явлениями. В селекции растений и в их акклиматизации мы имеем могучее средство повышения коэффициента использования притока солнечного света и тепла зелеными растениями.

Гораздо большее производственное значение (особенно на настоящем этапе индустриализации сельскохозяйственного производства) имеет другое различие двух групп факторов жизни зеленых растений. Первая группа — *свет и тепло усваиваются непосредственно зеленой рабочей поверхностью растений*. Вторая группа — *вода и пища усваиваются через посредство почвы*.

Это различие также не может быть проведено со всей строгостью. Из элементов пищи углерод усваивается непосредственно зеленой рабочей поверхностью растений из углекислоты атмосферного воздуха. Поэтому мы отличаем *ассимиляцию*, или процесс питания зеленых растений *углеродом*, от *абсорбции*, или процесса *корневого* питания тех же растений *азотом*, *элементами золы и водой* (как элементом пищи).

Тепло усваивается главным образом зеленой рабочей поверхностью растений, но частично воспринимается и через почву, обусловливая термические условия работы подземных органов зеленых растений.

Так же и количество воды, служащей для охлаждения рабочей поверхности растений, может претерпевать значительные колебания вследствие изменения положения места усиленной работы в организме растений. Примером этого могут служить растения семейства бобовых. У них процесс образования белков преимущественно сосредоточен в корневой системе (у взрослых растений), поэтому и нагревание рабочей поверхности, связанное с процессом накопления белков, тоже сосредоточено в корневой системе. Охлаждение корневой системы бобовых осуществляется не путем испарения воды, а излишнее тепло рассеивается в массе почвы вследствие значительной теплопроводности и теплоемкости последней. Поэтому бобовые

только в молодом возрасте испаряют значительное количество воды, пока не началось усвоение свободного аморфного азота их корневыми бактериями. В дальнейшем испарение ими воды определяется работой хлоропластов и мало отличается от затраты воды на образование весовой единицы органического вещества зерновыми хлебами.

## ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ, ЕГО ЭЛЕМЕНТЫ И УСЛОВИЯ ПЛОДОРОДИЯ

Два земных фактора жизни растений — *вода* и зольная и азотная *пища растений* — лежат в основе существенного свойства почвы как *«главного средства производства в сельском хозяйстве», ее плодородия.* То же самое *плодородие* представляет существенное свойство, которое присуще почве как особому порядку природных (естественных) тел.

Под *плодородием природным* (естественным) мы разумеем способность почвы как природного тела одновременно удовлетворять потребность зеленых растений в воде и пище.

## ЭЛЕМЕНТЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

Очевидно, что плодородие почвы определяется ее отношением одновременно к двум земным факторам жизни растений — к воде и к пище растений, которые мы и называем *элементами плодородия почвы*. Элементы плодородия почвы находятся в определенных отношениях к зеленым культурным растениям; они находятся в диалектической взаимосвязи и взаимозависимости между собой, и не подлежат сомнению их отношения к использованию почвы как средства сельскохозяйственного производства.

Отношение воды и пищи к зеленым растениям до очевидности ясно. Прежде всего вода и пища должны содержаться в почве в формах, *усвояемых* растениями, и быть *доступными* в смысле *досягаемости* для корней растений. В противном случае эти

элементы будут производственно бесполезны, а часто могут оказать и отрицательное влияние.

Что касается количественного содержания воды и пищи в почве, то оно должно быть таково, чтобы обеспечить растениям возможность полного использования в своей работе факторов, усвояемых непосредственно их зеленой рабочей поверхностью,— света, тепла и углекислоты. Это требование не зависит от того, использует ли сельскохозяйственное производство природный приток последних факторов или снабжает растения искусственным притоком света, тепла и углекислоты.

Совокупность этих отношений формулируется как требование содержания в почве усвояемых воды и элементов пищи растений в *наибольших потребных количествах*.

Это требование имеет чрезвычайно важное производственное значение. Недостаток в почве воды или пищи неизбежно вызовет *понижение урожая*. Это, в свою очередь, отразится на *снижении производительности всего количества труда*, *работы двигателей*, *орудий производства*, *степени использования внесенных удобрений и всех затрат по растениеводству*. И чем больше будет недостаток в почве воды или пищи, тем меньше будет производительность использования всех элементов растениеводства.

В случае избытка в почве воды или пищи создается соответствующее количество мертвых, неиспользуемых, а следовательно, непродуктивных средств производства. Это тотчас отразится на снижении производительности *затрат* в растениеводстве. Кроме того, избыток этих элементов может оказать и вредное влияние на развитие растений и снизить урожай. Снижение урожая отразится снижением производительности *труда* в растениеводстве.

Из рассмотрения роли пищи растений и воды в работе зеленых растений ясно следует, что работа их может осуществиться только при условии *одновременного* и *непрерывного* притока воды и пищи к корням зеленого растения.

Оба элемента плодородия почвы — вода и пища растений— находятся в определенных взаимоотношениях между собой. Причина этих взаимоотношений заключается в том, что элементы пищи могут быть усвоены зеленым растением только в форме *простых кислородных минеральных соединений*. Кроме того, они должны находиться в почве в виде *очень разжиженных водных растворов* — концентраций в среднем не более трех десятых процента (0,003).

В процессе усвоения растениями элементы пищи беспрерывно переходят в формы органических соединений или облекаются органическим веществом растительной массы. В таких состояниях они не доступны корням зеленых растений.

В почве масса ежегодно отмирающего органического вещества подвергается разрушению незелеными микроорганизмами. Это разложение может быть частичным или полным, в зависимости от формы содержания в ней воды.

*Аэробиозис*. Если содержащаяся в почве вода расположена таким образом, что оставляет место для воздуха, то органические остатки разрушаются *аэробными микроорганизмами*. При аэробном разложении органическое вещество *целиком* распадается на *простые кислородные минеральные вещества*, которые вновь могут служить пищей зеленых растений.

*Анаэробиозис*. В том случае, когда вода, находящаяся в почве, вытесняет из нее воздух, органическое вещество в почве начинает разлагаться *анаэробными бактериями*. При анаэробном разложении *сохраняется* в неразрушенном состоянии около половины органических остатков. В почве образуется большое количество аморфного *перегноя*. Все продукты распада органических остатков, за исключением углекислоты, выделяются в форме *бескислородных* минеральных соединений. Под влиянием жизнедеятельности анаэробных бактерий, содержащихся в почве, усвояемые соединения элементов пищи зеленых растений или разрушаются (нитраты), или (фосфор, сера) пере-

ходят в бескислородные соединения, не усвояемые зелеными растениями.

Работа культурных растений при анаэробных условиях почвы прекращается под влиянием азотного, фосфорного и серного голода. Это явление известно под названием *вымокания*. В природных условиях и при примитивной культуре явление наступления господства анаэробных условий неизбежно на почвах, содержащих перегной.

На почвах, не содержащих перегноя или содержащих его мало, при тех же условиях устанавливаются иные отношения между водой и пищей растений.

На этих почвах господствуют аэробные условия, и весь запас элементов пищи растений, как природный, так и вносимый с удобрениями, пребывает в формах удобоусвояемых. Но запас воды в таких почвах очень непрочен. Поэтому культурные растения на этих почвах *по большей части* имеют большой запас усвояемой пищи, но этот запас бесполезен, потому что растениям нехватает воды для использования обильной пищи.

Часто при господстве в почве условий аэробиозиса возможны случаи наступления в ней слишком высокой концентрации почвенного раствора, что влечет за собой отмирание зеленых растений от так называемого *выгорания* или преждевременное, слишком быстрое созревание их, или так называемый *захват*.

Оба элемента плодородия почвы — вода и пища растений — в природной почве или находятся в состоянии *антагонизма* — *противоречия*, или беспрерывно к нему стремятся. Это состояние антагонизма элементов плодородия почвы чрезвычайно быстро наступает при примитивных приемах культуры сельскохозяйственных растений, и оно называется *выпаханностью* почвы.

Явление антагонизма элементов плодородия почвы имеет огромное производственное значение. Совершенно очевидно, что при его наличности предельная наибольшая величина урожая культурных растений может достигнуть только поло-

вины (50%) той величины урожая, которая соответствовала бы тому же содержанию в почве воды и пищи, но при условии отсутствия их антагонизма.

Явление антагонизма элементов плодородия почвы служит основанием признания буржуазной наукой точки «*оптимума*» в пресловутом «*законе убывающего плодородия почвы*» и основанием признания самого «закона». Не менее очевидно, что при наличности явления антагонизма элементов плодородия почвы производительность труда в растениеводстве и производительность всех затрат в нем (удобрение, обработка, сортовые семена, борьба с вредителями и т. д.) могут выявить только 50% своей возможной (потенциальной) эффективности.

То же явление антагонизма элементов плодородия почвы лежит в основе ряда предрассудков и приемов примитивного сельского хозяйства, основанного на рассмотрении почвы как только природного тела, созданного со всеми его свойствами и соответствующими им морфологическими признаками и находящегося в состоянии неизменности и неподвижности.

Явление антагонизма элементов плодородия почвы лежит в основе всех «*технических*» *классификаций почвы*, стремящихся расположить все *природные* почвы в порядке *нисходящей степени их плодородия*, которое эти классификации рассматривали как нечто неизменное, неподвижное, извечно данное. Быстрое наступление явления антагонизма элементов плодородия почвы при примитивных способах ухода за почвою спутывало все кабинетные механистические измышления этих классификаций и очень скоро выявило их производственную бесполезность.

Та же самая участь постигла и попытки механистического присоединения к «генетическим» классификациям почв (Докучаев) производственной характеристики «плодородия» почв, их «*бонитировки*», необходимой в дореволюционное время для целей налогового «обложения» (ограбления) «податного со-

словия» мелких землевладельцев. В настоящее время бонитировка почв потеряла всякое производственное значение.

Изменчивость явления антагонизма элементов плодородия почвы была, кроме социально-экономических условий, одной из причин многих отрицательных явлений дореволюционного «общинного землевладения» — частых «переделов земли» «многополосности», «дальноземелья», «длинноземелья» и современного «*пестрополья*».

## УСЛОВИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

Под понятием *создания условий плодородия почвы* мы разумеем *осуществление таких групп мероприятий, в результате которых культурные растения могут выявить наибольший полезный количественный эффект своей работы*, другими словами, *создание условий, при которых культурные растения могли бы дать наивысший урожай при возможно наименьших затратах труда и средств производства* (*в широком понимании*) или наиболее полно оплатить затраты на обработку, внесение удобрения и применение сортовых семян.

Из этого определения ясно вытекает, что создание условий плодородия почвы представляет *понятие экономическое* и что содержание его целиком перекрывается содержанием *марксовой категории экономического*, или *эффективного*, *плодородия почвы*.

Здесь мы коснемся преимущественно *агротехнических* моментов, обнимаемых этой экономической категорией.

Условия, из которых слагаются агротехнические моменты понятия об экономическом плодородии почвы, можно разделить на четыре группы:

1) приток космических факторов;

2) наличность земных факторов;

3) осуществление диалектического единства противоречий в почве уничтожением явления антагонизма воды и пищи

растений в почве и регуляция отношений почвы к культурным растениям (производственное воздействие человека);

4) применение наиболее совершенных культурных растений как средства производства в растениеводстве.

По существу первый и второй пункты охватывают одно и то же условие — регуляцию количественной наличности факторов жизни растений, и оно разделено на два пункта по соображениям чисто практического характера. При современном состоянии развития наших знаний и технических возможностей мы можем регулировать приток тепла, и особенно света, еще в очень ограниченном размере. Если этот вопрос можно считать разрешенным в области так называемого «сельского хозяйства под стеклом», то в области сельского хозяйства под открытым небом он еще находится почти целиком в стадии исканий. Если мы еще только можем мечтать об *увеличении* притока тепла непосредственно к зеленой рабочей поверхности растений, то вопрос о регулировании теплового режима работы подземной — корневой — рабочей поверхности зеленых растений уже до известной степени разрешается системой обработки почвы.

В еще меньшей мере разрешены вопросы непосредственно регулирования притока света как в количественном так и в качественном отношениях. Более или менее удачно разрешается вопрос об *уменьшении* притока света культурой пшеницы и ячменя в субтропических странах (Алжир, Тунис, Марокко) под пологом светолюбивых финиковой пальмы, маслины и смоковницы. Но вопросы увеличения притока света и технического освоения явления фотопериодизма еще находятся в стадии теоретической проработки.

Таким образом, свет и тепло при настоящем уровне наших технических возможностей еще в значительной мере имеют характер *ограничивающих факторов*, к количественной величине и ритму притока которых мы еще принуждены активно приспособляться.

До известной степени эта необходимость активного приспо-

собления к притоку света и тепла отражается в четвертом условии плодородия почвы — в подборе наиболее совершенных культурных растений. Выбор *видов* культурных растений во всяком конкретном сельскохозяйственном предприятии (колхозе, совхозе) определяется плановыми заданиями всякого предприятия. Но выбор *сорта* или *расы* культурных растений должен остановиться на *наиболее совершенных в агротехническом смысле* в пределах вышеназванных заданий и требований (если они не предопределяют характера ведущей или подсобных культур вплоть до разновидности, расы или сорта).

Под таким агротехнически совершенным мы понимаем сорт зеленого культурного растения, который путем *селекционного подбора*, в связи *с акклиматизацией* приобрел способность наиболее *широко* и *полно* использовать наличный в данной *географической зоне и климатических условиях* приток света и тепла. Одновременно такой сорт должен обладать корневой системой, которая способна обеспечить необходимым количеством воды и элементов пищи процесс образования органического вещества, определяемый в своей величине способностью сорта поглощать свет и тепло. Соответствующее количество усвояемых воды и пищи должно быть в наличности в почве.

Забота об обеспечении зеленым культурным растениям второго условия плодородия почвы при настоящем положении наших технических возможностей должна ограничиться *элементами плодородия почвы.* Вопрос о снабжении зеленых растений углеродом как пищей до сих пор еще находится в таком же положении, как и вопрос о регуляции притока к зеленым растениям света и тепла. Причину этого представляет, с одной стороны, то, что углерод, подобно свету и теплу, усваивается непосредственно зеленой рабочей поверхностью растений. С другой стороны, углекислота — единственная форма, в которой углерод усваивается зелеными растениями, чрезвычайно быстро рассеивается по массе атмосферного воздуха.

С точки зрения производственной — способа усвоения зелеными растениями — было бы целесообразнее делить все факторы жизни зеленых растений на: 1) *факторы, усваиваемые зеленой рабочей поверхностью растений,— свет, тепло и углекислота* и 2) *факторы, усваиваемые корневой системой зеленых растений,— вода и элементы зольного и азотного питания.* Такая группировка одновременно освобождает нас от устаревшего противопоставления понятий об энергии и материи.

Таким образом, второе условие плодородия — наличность в почве элементов плодородия — касается воды и элементов зольного и азотного питания растений. Характер производственного осуществления этого условия зависит прежде всего от социально-экономических условий (производственных отношений общества), от уровня совершенства техники, от степени развития тяжелой индустрии, от степени развития сельскохозяйственного машиностроения и от развития химической индустрии, изготовляющей искусственные удобрения.

В зависимости от этих условий сельскохозяйственное производство в начальных стадиях развития использует природный запас пищи в почве, мобилизуя его посредством более или менее примитивной или совершенной обработки почвы и, при помощи той же обработки, запасая в почве воду природных атмосферных осадков.

По мере изменения социально-экономических условий и ритма развития промышленности и техники сельскохозяйственное производство прибегает к мобилизации тех природных запасов элементов плодородия, которые при примитивной культуре лежали в формах мертвых, неиспользованных запасов. Оно прибегает к улучшенной и углубленной обработке, к приемам мелиоративной техники и к использованию «природных» удобрений — навоза, компоста и т. д.

При дальнейшем развитии промышленности огромный толчок в развитии сельского хозяйства дает химическая индустрия, снабжая его искусственными удобрениями и средства-

ми борьбы с вредителями культурных растений. В области с недостаточным или несвоевременным притоком атмосферных осадков сельское хозяйство прибегало к искусственному снабжению культурных растений водой при помощи орошения. С развитием техники и тяжелой промышленности развитие искусственного орошения завоевывает все новые области.

По мере прогрессивного роста возможности осуществления первого, второго и четвертого агротехнических условий эффективного плодородия почвы, еще ярче выявилась роль его третьего условия. По существу это третье условие плодородия слагается из трех моментов, связанных между собой признаками *прогрессивности своего нарастания* и требованием применения системы мероприятий для борьбы с этой прогрессивностью их нарастания. В общем осуществление этого условия можно характеризовать как *производственное* (*агротехническое*) *воздействие на почву с целью достижения возможно наибольшей эффективности элементов ее плодородия.*

Весьма понятно, что значимость этой системы мероприятий — ее удельный вес в сельском хозяйстве — должна беспрерывно возрастать параллельно с ростом затрат труда и средств производства в сельском хозяйстве. До тех пор, пока сумма этих затрат ограничивается ничтожной затратой труда и работы на поверхностное рыхление почвы и затратой посевного материала плохого качества, размер производительности этих ничтожных по существу затрат не может играть большой роли в мелком единоличном хозяйстве в силу своей небольшой абсолютной величины. Противоречия интересов эксплуатируемого трудящегося класса и интересов эксплуататоров в еще большей степени усугубляли отсутствие значительного удельного веса этого элемента в примитивном классовом строе общества. Не было стимула к поднятию продуктивности труда, продуктом которого воспользуется не сам трудящийся.

По мере роста затрат на снабжение почвы элементами ее плодородия, по мере вложения в растениеводство все

возрастающих затрат труда и энергии на обработку и затрат средств производства росла заинтересованность в продуктивности всех этих затрат, которые оплачивались произведенным продуктом. Даже противоречия капиталистического строя не могли погасить этой растущей заинтересованности.

Наибольшего удельного веса, наибольшей значимости достигает система мероприятий агротехнического воздействия на почву при социалистическом строе общества. На огромных площадях обобществленного землепользования при сложении средств производства всех землепользователей и при наличии колоссального роста тяжелой промышленности, сельскохозяйственного машиностроения, химической индустрии и селекции даны все условия осуществления первого, второго и четвертого условий плодородия.

Эти возможности в еще большей мере подчеркиваются отсутствием классовых капиталистических противоречий и сменившим их энтузиазмом сознательного строительства нового бесклассового общества под уверенным, твердым и четким руководством ленинской партии.

Миллиарды народных средств затрачиваются ежегодно на обеспечение почвы элементами ее плодородия и на обеспечение растениеводства сортовыми семенами и средствами защиты от вредителей. Биллионы килограммометров работы затрачиваются ежегодно на включение всех этих средств производства в годовой оборот растениеводства.

До очевидности ясно, что *придача максимальной продуктивности этим колоссальным затратам труда и средств производства не только имеет такое же колоссальное народнохозяйственное значение*, трудно поддающееся исчислению, но и вместе с тем *приближает большевистскими темпами окончательную победу социалистического общественного строя* в его борьбе с запутавшимся в своих собственных противоречиях капиталистическим строем. Баррикада имеет только две стороны — это азбучная революционная истина.

Третье условие плодородия почвы слагается из трех моментов. В ходе производства все три момента имеют непрерывное стремление к *нарастанию в порядке геометрической прогрессии*. Поэтому они требуют применения системы мероприятий, *не прекращающих своего влияния во все время хода производства*. В противном случае их прогрессивное развитие в какие-нибудь пять-шесть лет совершенно погашает эффективность всех затрат в растениеводстве. Очевидно, что абсолютная значимость этих мероприятий в сельскохозяйственном производстве возрастает прямо пропорционально росту затрат в нем.

Не менее очевидно, что своей наибольшей значимости эта группа мероприятий может и должна достигнуть при социалистическом крупном сельскохозяйственном производстве. В этих условиях во всесоюзном масштабе и в плановом порядке в сельскохозяйственное производство вкладываются народные средства в размерах, измеряемых астрономическими числами многих десятков миллиардов. Ясно, что как правительственные и общественные учреждения, ведающие конкретным распределением этих вложений по территории Союза, так и непосредственные работники на местах вплоть до каждого члена колхоза несут свою долю ответственности в продуктивности этих затрат. *Этот момент еще часто недооценивается*. Если такая недооценка со стороны некоторых членов колхоза и работников совхозов еще может найти оправдание в их еще недостаточно развитом общественно-политическом сознании или в неудачной организации труда, с чем ведется самая интенсивная борьба, то подобная недооценка этих моментов, граничащая с агрономическим невежеством, не находит себе оправдания и совершенно нетерпима у исполнительного персонала правительственных и общественных учреждений.

На фоне второй пятилетки с ее четкими и ясными установками особенно большое значение эта группа мероприятий третьего условия плодородия почвы приобретает как на грандиозной площади (4 300 000 га) вновь назначенных к орошению

черноземных, каштановых и бурых почв, так одновременно и на площади уже орошенных и вновь вводимых в орошение бесперегнойных почв Средней Азии и Закавказья.

Три агротехнические группы, слагающие третье условие плодородия почвы, таковы:

1. *Систематическая борьба с сорняками* и *с насекомыми-вредителями культурных растений.*

2. *Систематическое приведение реакции почвы в соответствие с требованиями культурных растений, или создание химических условий плодородия почвы.*

3. *Систематическая борьба с явлением антагонизма элементов плодородия почвы, как с главной агротехнической причиной малой продуктивности затрат в растениеводстве, и такая же борьба с явлением почвоутомления, как со второй агротехнической причиной той же непродуктивности.*

## СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ БОРЬБА С ЗАСОРЕННОСТЬЮ ПОЧВЫ И НАСЕКОМЫМИ-ВРЕДИТЕЛЯМИ

Говорить о вреде сорняков значило бы ломиться в открытую дверь. Другое дело насекомые-вредители. Их отрицательное значение в растениеводстве, как правило, недооценивается. Для иллюстрации этого положения достаточно указать, что в XVI и XVII веках юго-западная часть Северной области, Западная, Иваново-промышленная и Московская области играли роль житницы Московского государства. Они доставляли не только рожь, но и в изобилии яровую пшеницу и ячмень.

В настоящее время культура яровой пшеницы в этих областях почти исчезла, сохранившись в виде оазисов лишь в некоторых районах Северной и Западной областей. Та же участь постигла и двурядный ячмень, сохранившийся лишь отчасти в отдельных районах этих областей. Несомненно, что основной причиной этих явлений была распашка степей, как ре-

зультат их колонизации и начало проникновения капитализма в сельское хозяйство. Но нельзя преуменьшать также и влияния на такую участь яровой пшеницы и ячменя их повального поражения *шведской мухой*. Низкая урожайность озимой ржи и часто повальное ее полегание в сильнейшей степени зависят от поражения ее *гессенской мухой*.

Рядом с этим мы имеем прямую директиву превратить «потребляющую полосу в производящую».

Дореволюционное сельское хозяйство совершенно недооценивало вред, причиняемый вредителями. В борьбе же с сорняками дореволюционные агрономы выдвигали чистые (черные) пары в самых разнообразных их модификациях. Черный пар («английский») считался самым последним «достижением» европейской агрономической науки и мерилом степени агротехнического прогресса хозяйства. История сельского хозяйства установила иное отношение к черному пару. Он был насильно введен в Англии 2 000 лет назад Юлием Цезарем. До этого он господствовал в Италии, которая переняла его у греков. Греки заимствовали его из Палестины. В Палестине он был введен 5 000 лет назад «пророком» Моисеем, который заимствовал его у египтян [8]. Египтяне заимствовали черный пар в Ниневии, а эта последняя заимствовала его у древних китайцев. Дальнейший след черного пара теряется во мраке тысячелетий. Археология исчисляет возраст черного пара не менее чем в 20 000 лет. Вероятно, во всякой завоеванной стране черный пар вводился как «последнее достижение агрономической науки».

Несмотря на все вышесказанное, черный пар в наших условиях является хозяйственно необходимым агротехническим приемом, и было бы большой ошибкой с нашей стороны при условии колоссально большого засорения полей, особенно в некоторых районах Украины и Северного Кавказа, совершенно отказаться сейчас от чистых паров. Засоренные поля в ближайшее время должны быть пропущены через чистые пары. Чистые пары должны быть использованы наряду с другими, более

эффективными приемами как одно из средств истребительной непосредственной борьбы с сорняками.

Задача *предупредительной* борьбы с засорением почвы по требованиям современной агротехники соединена в один комплексный *агрегат*. Этот агрегат — *система зяблевой обработки* — одновременно с успехом соединяет в себе *предупредительную борьбу с засорением почвы, активную борьбу с имеющейся уже засоренностью почвы, борьбу с насекомыми-вредителями, личинки, куколки или яйца которых зимуют в жнивье или в поверхностных слоях почвы* (шведская муха, гессенская муха, капустная муха, блестянка, земляная блоха и др.), *производительное использование летних послеуборочных дождей и облегчение по меньшей мере в пять раз затрат на зяблевую вспашку*.

Требования, предъявляемые к первому звену этой системы — *лущению жнивья*, несложны. Лущение жнивья должно производиться или *одновременно с уборкой*, или *непосредственно за ней*. Первое требование осуществляется включением лущильника в один механический агрегат с комбайном. Второе требование, применяемое в случае простой уборки (не комбайном), осуществляется рациональной расстановкой копен (крестцов, бабок) по полю.

Требование одновременности выполнения лущения с уборкой определяется состоянием влажности почвы. В момент уборки почва защищается от непосредственного испарения воды стоящим спелым хлебом и более влажна, чем через несколько дней после уборки, в течение которых она лишена этой защиты. Поэтому *затрата энергии на работу лущильника в момент уборки в среднем вдвое меньше, чем через несколько дней после уборки*. На этом основано правило: «*лущильник въезжает на поле одновременно с жаткой*».

Лущение жнивья производится, как правило без исключения, отвальным орудием. Зубчатые (бороны) и лапчатые (экстирпаторы) орудия для этой цели совершенно неприменимы.

Это правило основано на двух моментах. Только совершенное прикрытие жнивья почвою гарантирует полное уничтожение насекомых-вредителей, зимующих в жнивье, и только прикрытие слоем почвы гарантирует уничтожение насекомых-вредителей, зимующих на поверхности почвы.

Во-вторых, только прикрытие неглубоким слоем почвы осыпавшихся на поверхность поля семян сорняков вызывает их прорастание. Если они останутся на поверхности или будут запаханы глубоко, то они не прорастут до момента зяблевой вспашки и только засорят почву. Глубина, на которую производится лущение жнивья, не должна быть мельче 5 см и глубже 7 см. Только при этой глубине достигаются задачи лущения жнивья.

Одно из лучших по производительности орудий для лущения жнивья представляет дисковый «пшеничный» плуг. По качеству работы очень высоко стоят отвальные прицепные лущильники немецких конструкций.

Под защитой верхнего, разрыхленного лущением, слоя почвы нижние слои пахотного горизонта усвоят 85% послеуборочных дождей (15% в среднем испарится из разрыхленного слоя). Под влиянием благоприятной влажности прорастут не только запаханные лущением осыпавшиеся семена последнего урожая (та часть их, которая способна прорастать в год их созревания), но и те семена и корневища сорняков, которые находятся в почве. Все эти всходы будут уничтожены последующей основной или зяблевой вспашкой. Лущение жнивья представляет могучее и единственное средство быстро избавиться не только от однолетних сорняков (куколь, василек, щетинник, курай, лебеда, щирица, плюшка, повитель и др.), но и от озимых (овсюг, мышей, куриное просо, метлица, костер полевой, костер ржаной и др.). Главное же значение лущения жнивья заключается в уничтожении многолетних сорняков (пырей, вострец, осот, татарник, вьюнок, горчаки, свинорой, льнянка и др.).

Кроме борьбы с сорняками и с насекомыми-вредителями, лущение жнивья *в среднем в пять раз уменьшает затрату энергии на зяблевую вспашку*. Это зависит от того, что после лущения зяблевой вспашке подвергается почва, увлажненная послеуборочными дождями.

Успех лущения жнивья в значительной степени зависит от правильного выполнения *основной*, или так называемой *зяблевой*, *вспашки*. Зяблевая вспашка производится **не раньше чем через три недели** (*как исключение — две*) после лущения жнивья. Производится зяблевая вспашка, как правило, плугом с *предплужником на нормальную глубину*, *т. е. на 20 см. Предплужник устанавливается на глубину 10 см.*

В тех случаях, когда пахотный слой (т. е. слой, прокрашенный перегноем) *мельче* 20 см и подстилается бесструктурным слоем подзола, или глины, или песка, зяблевая вспашка производится *плугом со снятым или поднятым предплужником* на глубину прокрашенного перегноем слоя. В этом случае *за каждым корпусом* плуга устанавливается лапа *почвоуглубителя* на глубину 1—1,5 см ниже подошвы главного корпуса. Почвоуглубитель разрыхляет слой подзола или другой дикой почвы на глубину 1—1,5 см. После повторения такой обработки в течение двух лет разрыхленный почвоуглубителем слой может быть захвачен главным корпусом, и тогда приступают к подготовке выворачивания следующего слоя такой же глубины. Таким образом можно в пятилетний срок достигнуть нормальной глубины зяблевой вспашки в 20 см[10].

В случае, если принятая глубина вспашки превышает 20 см (свекловичные, овощные хозяйства), зяблевая вспашка производится на полную принятую глубину, но предплужник устанавливается на прежнюю глубину — 10 см. Если глубина обработки чернозема или вообще перегнойной почвы была мельче 20 см, то *углублению пахотного горизонта* должны предшествовать те же меры предосторожности.

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

Как уже было упомянуто, второй момент, слагающий *условия плодородия* почвы, определяется тем, что культурные растения требуют определенной *слабокислой* реакции почвы. Это требование в природных условиях беспрерывно стремится быть нарушенным. Нарушение может итти в двух противоположных направлениях, в зависимости от характера рухляка, на котором образовалась почва.

Этот рухляк, или, как его принято называть, «почвообразующая порода» или «материнская порода», образуется путем выветривания горных пород. Горные породы, дающие начало почвоообразующим породам, можно подразделить на две группы по содержанию в них углекислой извести — *породы, не содержащие углекислой извести, и породы, содержащие много углекислой извести*, или, другими словами, *породы алюмосиликатные и породы карбонатные*.

Почвы равнинных частей СССР в главнейших своих массивах развились на почвообразующих породах, образовавшихся из *ледниковых наносов*, которые для краткости называют *моренами*. В грубых общих чертах почвообразующие породы северной половины территории СССР сложены из выветрившихся сгруженных ледником обломков алюмосиликатных пород (гранитов, гнейсов, сиенитов и т. д.), или, короче, представляют *алюмосиликатную морену*. В южной части территории Союза преобладают ледниковые наносы из обломков карбонатных пород (известняки, пестрые мергеля), или, короче, *карбонатная морена*.

Алюмосиликатная морена не содержит свободной углекислой извести (не считая небольшой примеси известняков, встречающихся в ней местами), но в процессе выветривания образуется небольшое ее количество (доли 1—2%) из кальция, входящего в состав алюмосиликатов и силикатов. Наоборот,

карбонатная морена при выветривании известняков сохраняет значительное количество углекислой извести (10—20%), образуя так называемый *лёсс*. Образующиеся на этих двух моренах почвы отличаются тем же общим отношением к содержанию углекислой извести.

## ИЗВЕСТКОВАНИЕ КАК БОРЬБА С ИЗБЫТОЧНОКИСЛОЙ РЕАКЦИЕЙ ПОЧВЫ

В почвах северного типа преимущественно осенью устанавливается ток неволосной воды, промывающей толщу почвы на большую глубину. Этот ток воды легко вымывает углекислую известь до уровня почвенной воды и глубже, до уровня грунтовой воды. Господствующее в течение зимы сгущение в верхних холодных слоях почвы водяного пара, перегоняющегося из глубоких горизонтов почвообразующей породы, понятно, не может возвратить в верхний слой почвы вымытой из него углекислой извести. Но и весенний и летний восходящие волосные токи воды также не могут возвратить в почву вымытой из нее углекислой извести.

Последнее явление станет ясным, если вспомнить, что углекислая известь или ее карбонат в *чистой* воде практически *нерастворим*. Карбонат растворим в природной воде, содержащей в растворе *углекислоту*. В такой воде углекислая известь образует кислую соль — *бикарбонат*. Растворимость бикарбоната извести в *сто раз больше* растворимости ее карбоната. Ясно, что чем больше в воде растворено углекислоты, тем больше образуется из карбоната извести ее бикарбоната и тем легче она вымывается. Растворимость углекислоты в воде, как и всякого газа, обратно пропорциональна температуре воды. Чем холоднее вода, тем больше в ней растворено углекислоты и тем больше она может растворять углекислой извести.

Природная дождевая вода, содержащая растворенную углекислоту, по мере проникновения осенью в почву встречает все более и более холодные слои почвы и сама охлаждается. По мере

охлаждения воды она растворяет все возрастающее количество углекислоты из почвенного воздуха. Очевидно, что в таких условиях вода по мере углубления будет переводить все возрастающее количество углекислой извести в бикарбонат и растворять его. *Поэтому углекислая известь легко выщелачивается водой из почвы в течение осеннего периода.*

При наступлении *теплого* времени, т. е. весной и летом, во время вегетационного периода, преобладает *восходящий* ток волосной воды в почве. Весной он вызывается преобладанием испарения непосредственно поверхностью почвы. Летом преобладает испарение воды зеленой поверхностью растений, вызывающее восходящий ток волосной воды из глубоких слоев почвообразующей породы к горизонту распространения корней.

Восходящий ток волосной воды, поступая из более холодных слоев почвы во все более нагретые слои, беспрерывно нагревается. При нагревании волосная вода восходящего тока все время выделяет в почвенный воздух растворенную в ней углекислоту, и соответствующее выделенной углекислоте количество *бикарбоната извести переходит в углекислую известь.* Нерастворимая в воде углекислая известь оседает в почве и, следовательно, *не может передвигаться вверх с восходящим током воды* во время вегетационного периода.

Под влиянием комбинации этих двух явлений, повторяющихся из года в год, *углекислая известь в непродолжительное время совершенно вымывается из почвы, образовавшейся на алюмосиликатной морене.* Это явление обеднения почвы углекислой известью происходит безотносительно к тому, какая почва обособилась в порядке почвообразовательного процесса на алюмосиликатной морене. Оно наступает в равной мере и на дерново-подзолистых почвах, и на серых лесных землях, и на северных черноземах, и на светлых почвах Средней Азии, и на почвах латеритных. Время его наступления определяется главным образом первоначальным содержанием углекислой извести в алюмосиликатной морене, на которой обособились эти

почвы. В меньшей мере оно зависит от климатических условий места залегания почвы.

## ПОСЛЕДСТВИЯ ВЫМЫВАНИЯ УГЛЕКИСЛОЙ ИЗВЕСТИ ИЗ ПОЧВЫ

По мере уменьшения содержания углекислой извести в почве, в ней начинают накопляться свободные кислоты. Эти свободные кислоты непрерывно образовываются в почве при протекающих в ней биохимических процессах. Они в форме перегнойных кислот образуются при разложении органических остатков и перегноя. Они образуются в форме азотистой и азотной кислот при распаде азотистых органических остатков. Серная кислота образуется при распаде белков. При распаде белков и углеводов образуется фосфорная кислота. При анаэробном распаде органических остатков образуется ряд органических кислот — масляная, молочная, лимонная, валериановая и многие другие.

Пока в почве содержалась углекислая известь, свободные кислоты вытесняли из нее угольную кислоту, образовывая соответствующие нейтральные соли кальция, и этим поддерживалась слабокислая реакция почвы, к которой путем многовекового природного подбора приспособились все наши культурные растения.

Как только углекислая известь оказывается выщелоченной из почвы, в ней начинают накопляться свободные слабые и сильные кислоты. В почве начинает возрастать актуальная кислотность.

Кроме того, накопление свободных кислот сильнейшим образом изменяет химический и биохимический режимы почвы.

Накопление свободных кислот в почве подавляющим образом влияет на деятельность *всех микроорганизмов почвы.* Это зависит от того, что свободные перегнойные кислоты представляют секреторные выделения микроорганизмов (их экзоэнзимы), посредством которых эти организмы влияют на разрушение

нерастворимых в воде органических остатков. Что касается остальных кислот, как сильных, так и слабых, то они представляют продукты обмена веществ различных групп почвенных микроорганизмов. Обе группы этих веществ — секреторные выделения и продукты обмена веществ — представляют в свободном состоянии яды по отношению к той группе организмов, которая их выделила.

Поэтому по мере их накопления и, следовательно, по мере увеличения актуальной кислотности почвы (так как все эти вещества — кислоты), прогрессивно угнетается деятельность микроорганизмов почвы.

В результате начинается накопление в почве органических остатков, и растения начинают испытывать *азотный*, *серный* и *фосфорный голод*, несмотря на избыток этих элементов в почве. Удобрения на таких почвах оказывают очень непродолжительное действие, и последействие их прекращается. После внесения они быстро входят в состав урожая и органического вещества тел микроорганизмов и остаются в форме неразлагающегося, не усвояемого зелеными растениями органического вещества.

Сильные кислоты — азотная, серная, фосфорная — выделяются при разложении органических остатков в форме растворов их кальциевых солей очень малой концентрации. Поэтому они находятся в почве в состоянии значительной электролитической диссоциации. Катион кальция этих солей беспрерывно вытесняет катион аммония, поглощаемый перегноем из атмосферных осадков, и в почве после нитрификации аммония остаются свободные сильные кислоты. Свободные катионы водорода диссоциированных сильных кислот вытесняют катионы кальция из аморфного перегноя и в значительной мере повышают его дисперсность. Одновременно это явление повышает обменную кислотность почвы и ее ненасыщенность. Вытесненный катион кальция в виде азотнокислого, сернокислого и фосфорнокислого кальция или вымывается из почвы или, в

случае поглощения анионов этих солей корнями растений или микроорганизмами почвы, образует углекислую известь, также вымываемую из почвы.

Другая часть свободных сильных кислот нейтрализуется за отсутствием углекислой извести свободной окисью железа, всегда изобилующей во всякой почве, или, реже, свободной окисью алюминия, часто присутствующей в черноземах и изобилующей в так называемых желтоземах и латеритах. При этом процессе могут образоваться три рода солей. Из образующихся нитратов анион азотной кислоты быстро усваивается биологическими элементами почвы. Освобождающийся при этом катион трехвалентного железа, повидимому, вновь входит в состав гидрата окиси железа. При этой реакции освобождаются шесть катионов водорода, поглощаемых аморфным перегноем и еще больше усиливающих обменную кислотность почвы и ее емкость поглощения. В случае освобождения катиона алюминия он непосредственно поглощается перегноем, усиливая обменную кислотность почвы и придавая ей чрезвычайную упорность вследствие большой трудности вытеснения алюминия из поглощенного состояния. Наконец, в случае нейтрализации окисями железа и алюминия аниона фосфорной кислоты последняя переходит в формы совершенно не усвояемых зелеными растениями фосфорножелезной и фосфорноалюминиевой солей. Это явление известно под названием «ретроградации фосфорной кислоты» в почве.

## ИЗВЕСТКОВАНИЕ ПОЧВЫ

Борьба со всеми описанными явлениями осуществляется при помощи искусственного внесения в почвы кальция в форме молотого известняка — углекислой извести, или в форме «пушонки» — гидрата окиси кальция, или в форме «мергеля» — сложной природной карбонатной породы, часто встречающейся в области притеррасной поймы рек и в озерной пойме. Эти

приемы объединяются одним общим понятием — *известкование* почвы.

*Известкование не представляет коренного* улучшения, или мелиорации.

Из вышеизложенного разбора процесса наступления недостатка углекислой извести в почве и его последствий с очевидностью вытекает вывод, что известкование ни в каком случае нельзя рассматривать как *коренное улучшение*, или *мелиорацию почв*. Этот вывод вытекает из сопоставления двух моментов. Прежде всего мы видим, что углекислая известь легко выщелачивается из почвы дождями. Следовательно, для того, чтобы придать известкованию характер мелиорации, мы были бы принуждены внести в почву значительное количество извести. Производственная нерациональность такого приема «мелиорации» не подлежит сомнению, потому что это значило бы тратить народные средства на поощрение совершенно бесполезного процесса выщелачивания углеизвестковой соли из почвы. Но на этом моменте приходится остановиться, потому что в литературе встречаются указания на применение больших доз извести для известкования.

Второй момент, категорически противящийся превращению известкования в категорию мелиораций, тот, что *культурные растения гораздо чувствительнее к щелочной реакции почвы, чем к кислой реакции*. Между тем при внесении больших доз извести мы неизбежно создаем щелочную реакцию, результатом чего всегда будет значительное снижение урожая.

## ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФОСФОРИТОВАНИЯ ПОЧВЫ

Подобные же указания делаются относительно применения сырого фосфорита в форме фосфоритной муки (фосфоритование почвы). Предпосылками для фосфоритования служат: 1) нерастворимость фосфорита в воде; 2) переход его в растворимое состояние на «кислых почвах» и 3) усвоение фосфорной кислоты

из фосфорита некоторыми растениями. Разбор этих предпосылок приводит к четким производственным выводам. Усвоение фосфорной кислоты фосфорита только некоторыми растениями определяет собою недостаточно интенсивное его использование в течение севооборота. Во время присутствия на поле растений, для которых фосфорит бесполезен, он в лучшем случае будет играть роль мертвой затраты. Усвояемость фосфорита на кислых почвах скоро будет анахронизмом вследствие широкого введения известкования. Нерастворимость фосфорита в воде справедлива только относительно дестиллированной воды. В природной почвенной воде фосфорит заметно растворим, и при внесении в почву больших его количеств фосфориту грозит та же участь, как и большим дозам извести. Такой способ применения фосфоритной муки представляет кустарный способ разрешения вопроса использования фосфоритов, недостаточно богатых для промышленной переработки, или использования месторождений, не заслуживающих промышленной разработки.

Повидимому, кустарные приемы использования многих залежей фосфоритов СССР при настоящем развитии техники еще неизбежны, но перевозка малопроцентной фосфоритной муки мне представляется мало рациональной. Весь вопрос должен быть пересмотрен с точки зрения *кустарной* переработки фосфоритов промышленно малопродуктивных залежей *на месте, для местного потребления.* Теоретически эти способы уже разработаны.

## ТЕХНИКА ИЗВЕСТКОВАНИЯ

Указанное свойство однолетних культурных растений — *требование ими слабокислой реакции почвы* — представляет причину того, что урожаи их часто снижаются при внесении извести непосредственно под них. Только на следующий год после внесения извести она оказывает свое полное положитель-

ное влияние. Поэтому в Западной Европе уже давно выработался прием *вносить известь только непосредственно в поле многолетних* трав, развитие которых от этого не только не страдает, но, наоборот, улучшается.

В случае необходимости (в паровых севооборотах) внесения извести под однолетние растения известь вносится, по возможности, задолго до их посева. Под яровые — с осени предшествующего года. Под озимые — осенью, предшествующей паровому полю. В случае присутствия в севообороте *льна* или *картофеля* известкование никогда не производится под эти растения, а, по возможности, дальше от них. Люпины никогда не известкуются.

По той же причине распределение извести по полю производится, по возможности, равномерно. Лучше всего при известковании применять туковую сеялку. Если известкование производится в поле многолетних трав, то вся операция оканчивается рассеванием извести. В случае известкования поля, свободного от растений, рассеянная известь мелко запахивается отвальным орудием и поле боронуется поперек борозд отвального орудия.

Действие извести продолжается от 6 до 9 лет; после такого срока *известкование должно быть повторено в полном размере.* Это окончательно лишает возможности рассматривать известкование как мелиорацию, и *оно должно быть признано периодическим агрохимическим мероприятием, повторяющимся в течение каждой ротации севооборота.*

## ГИПСОВАНИЕ КАК АГРОХИМИЧЕСКАЯ БОРЬБА СО ЩЕЛОЧНОЙ РЕАКЦИЕЙ ПОЧВЫ И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯМИ

Не следует делать вульгарно-механистического вывода, что отличительные свойства и признаки почв южной половины территории СССР представляют прямое следствие их образования на карбонатной морене. Существо почвообразовательного процесса представляет борьбу двух противоположностей, ко-

торые неизбежно возникают во всякой почвообразующей породе при поселении на ней растительных организмов. В результате воздействия на почвообразующую породу растительных формаций, также слагающихся каждая из систем двух противоположностей (зеленые растения автотрофного и гетеротрофного типа корневого питания, незеленые микроорганизмы, аэробные и анаэробные), в породе накопляются мелкие количественные изменения. Мелкие количественные изменения в течение развития процесса скачком переходят в качественное изменение свойств породы. Изменение свойств породы тотчас отражается на изменении свойств и состава ее биологических элементов. Это изменение, в свою очередь, вызывает изменение климата (в пределах широтных зон).

Во все это сложное переплетение причин и следствий, процессов количественных накоплений, революционных скачков, обособления вновь возникающих качественных противоречий, отрицаемых вновь возникающими отрицаниями, вплетается воздействие человека на почву как на основное средство производства. Участие человека в развитии почвы как средства производства — «природной производительной силы», т. е. как «природного тела», используемого в качестве «средства производства», также нельзя рассматривать как нечто неизменное и незначительное в своей неизменности.

Участие человека в обособлении почвы беспрерывно развивалось под влиянием социально-экономических производственных отношений, усиливаясь под влиянием прогрессивного развития техники, тяжелой промышленности, увеличения энергетических ресурсов, обусловивших массовое изготовление непрерывно совершенствуемых орудий труда как средств производства. Завоевания науки и огромное развитие химической промышленности произвели не менее важное усиление влияния человека на почву. В результате всего комплекса этих взаимоотношений и взаимосвязей мы должны признать как основное положение, что *почва есть продукт труда*. Это по-

ложение касается не только тех почв, которые в настоящее время находятся в состоянии «культурных», но и тех почв, которые считаются «целинными». Нахождение во всех подвергающихся обследованию областях многочисленных следов культур народностей, не оставивших следов в «истории человечества», властно заставляет признать, что вся поверхность суши земного шара подвергалась неоднократному воздействию труда человека.

Необходимо четко усвоить, что в огромной сложности взаимовлияний явлений, слагающих почвообразовательный процесс, *роль почвообразующей породы не может быть выдвинута на первый план как решающий, ведущий фактор*. Преобладающая карбонатность морены южной части СССР только усиливает (как и пониженные элементы рельефа или экспозиция склонов) проявление некоторых моментов почвообразования как исторического процесса, протекающего во всей своей сложности под влиянием так называемого *абсолютного почвенного возраста страны*. Состав почвообразующей породы, так же как и рельеф местности, экспозиция и производственное использование почвы, может *только влиять усиливающим (ускоряющим) или ослабляющим (замедляющим) образом на выявление противоречий процесса (наступление фаз или периодов почвообразования)*. Это влияние обнимается понятием *относительного возраста почвы* и лежит в основе так *называемой комплексности, или пестроты почвенного покрова. Тот же момент лежит в основе (характере) производственного воздействия человека на условия плодородия почвы.*

## ПОСЛЕДСТВИЯ НАСТУПЛЕНИЯ СТЕПНОГО ПЕРИОДА ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Южная половина территории СССР охвачена степным периодом почвообразовательного процесса в разных стадиях (фазах) его выражения. Причиной этого различия стадий является прежде всего разница абсолютного почвенного воз-

раста территории. На огромной протяженности территории это отражается в форме наличности ряда «почвенных зон». Направление границ почвенных зон отличается прерывистостью и сложностью вследствие разновременности начала и конца и различной продолжительности оледенений Феноскандийского, Уральского, Западно- и Восточно-Сибирского, Дальне-Восточного, Алтайского, Памиро-Алайского, Афгано-Персидского, Кавказского и Карпатского (их гетерохронизма).

На фоне этих почвенных зон самыми причудливыми узорами и вкраплениями *комплексности почвенного покрова* располагается влияние относительного возраста почвы, непрерывно изменяющегося под воздействием свойств почвообразующей породы, современного рельефа, реликтов старого рельефа, измененного денудационной деятельностью воды и ветра, экспозиции и производственного воздействия человека во всей его сложности.

Весьма понятно, что в этой сложнейшей обстановке всякие обобщения могут иметь только характер общих схем. Применение этих схем к конкретным объектам и к решению конкретных вопросов, в еще большей степени, чем для северной половины территории СССР, допустимо только после глубокого и всестороннего анализа всех конкретных условий объекта.

Самое типичное изменение в развитии двух противоположностей почвообразовательного процесса степного периода представляет прогрессивное нарастание деятельности аэробных микроорганизмов почвы. Это изменение стоит во взаимосвязи с постепенно нарастающим преобладанием в зеленом растительном покрове почвы степных элементов.

В результате этих изменений беспрерывно нарастает процент нацело разлагающихся органических остатков из всего ежегодного их количества. Одновременно беспрерывно уменьшается ежегодное отложение аморфного перегноя, между тем как разложение запаса его в почве беспрерывно увеличивается. Все это приводит к нарастанию *процесса обеднения почвы*

*органическими остатками и перегноем, или к процессу деградации почвы.*

Процесс обеднения почвы перегноем вызывает постепенное разрушение *природных комков* (агрегаты почвы крупностью от 10 до 1 мм), которые были сцементированы перегноем. *Структурная* (комковатая) почва постепенно превращается в *сплошное волосное тело, все промежутки между всеми частичками которого обладают волосными свойствами* (капиллярны).

Все свойства структурной почвы должны сильно измениться при обращении ее в бесструктурную.

## СВЯЗНОСТЬ БЕССТРУКТУРНЫХ ПОЧВ

Очевидно, что между частичками бесструктурной почвы, соприкасающимися одна с другою всею поверхностью, должны развиться *частичные поверхностные силы* (сцепление). Эти силы объединяются производственным термином *связность*, выражающим *отношение почвы к ее механической обработке.*

В почве структурной сила сцепления между частичками сосредоточена исключительно в ее комках. *Каждый комок обладает связностью.* Но в такой почве масса комков, ее составляющих, связана между собой *силой тяжести* и переплетением комков живыми и мертвыми корнями растений. *Почва структурная как целое связностью не обладает.* При обработке структурной почвы нам приходится преодолевать только *вес пласта и сопротивление разрыву живых и мертвых корней.*

При обработке бесструктурной почвы нам, кроме веса пласта и сопротивления корней (органических остатков), приходится преодолевать еще и ее связность. Вследствие этого на обработку *бесструктурной почвы в состоянии средней влажности* (так называемой спелой почвы) приходится затрачивать в *5—7 раз больше работы* (энергии), чем в случае структурной почвы. Связность бесструктурной почвы прогрессивно возрастает с сухостью почвы. Поэтому усилие на обработку *сухой*

*бесструктурной почвы поднимается в 10—15 раз больше против структурной почвы.* В еще сильнейшей степени возрастает связность почвы с повышением содержания в ней мельчайших глинистых и особенно перегнойных частиц. Поэтому обработка сухой бесструктурной черноземной или глинистой почвы требует затраты усилия в 30—50 раз больше против структурной почвы *такого же состава в сухом состоянии.* Другими словами, обработка такой почвы крайне затруднена имеющимися в распоряжении сельскохозяйственного производства средствами.

Кроме того, обработка структурной почвы дает слитную комковатую пашню, между тем как при обработке бесструктурной почвы она обращается в смесь глыб с порошком распыленной почвы.

### ВОДНЫЙ РЕЖИМ БЕССТРУКТУРНЫХ ПОЧВ

В общем водный режим бесструктурных почв надо характеризовать как *волосной.* Вследствие этого он сливается в общую однохарактерную систему с *волосным режимом почвообразующей породы. В нем отсутствует характерный для структурных почв полный разрыв* **волосного** *водного режима от* **такого же** *режима почвообразующей породы.*

Режим воды в *волосной* (бесструктурной) почве *в природных условиях* характеризуется *прогрессивной замедленностью ее нисходящего тока.* Поэтому такая почва практически может промокнуть только до определенной для каждой почвы глубины. Эта *глубина* промокания бесструктурной почвы определяется *ее механическим составом.* От него же зависит и *скорость движения* воды в бесструктурной почве.

Чем *крупнозернистее* бесструктурная почва (не считая *песчаных* почв, в которых вода передвигается под влиянием силы тяжести и гидростатического давления), тем *быстрее* начальная скорость волосного нисходящего тока воды и тем *быстрее* затухает эта скорость. Наоборот, чем *мелкозернистее* бесструктурная почва, тем *медленнее* начальная скорость

волосного нисходящего движения воды и тем *медленнее* затухает эта скорость. Пылеватая бесструктурная почва промокает на 15—20 см в четверть часа. Бесструктурная глина может промокнуть до глубины 2 м, но для этого потребуется 2—$2^1/_2$ месяца.

Восходящий волосной ток воды в бесструктурной почве в природных условиях совершается вообще с равномерной или ускоренной быстротой, смотря по скорости испарения воды с поверхности почвы. Если такого испарения нет, то и восходящий волосной ток воды прекращается. Если поверхностная волосная вода не сообщается с почвенной или грунтовой водой, то вначале равномерный восходящий ток волосной воды по мере израсходования запаса воды в почве переходит в прогрессивно замедляющийся и затем совсем затухает. При сообщении с почвенной или грунтовой водой восходящий волосной ток бесструктурной почвы не прекращается, и скорость его регулируется темпом испарения воды с поверхности почвы. *Скорость и направление движения волосной воды ни в какой мере не зависят от гидростатического давления.*

Совокупность особенностей волосного режима должна, очевидно, повлечь за собой ежегодные количественные изменения в водном балансе почвы, направленные в одну сторону. При ежегодном повторении эти изменения должны перейти в качественные различия, характеризующие почвы в этой степной стадии их развития. В сущности все типичные признаки почв этого «степного типа» или этой «степной зоны» представляют производное (функцию) степени уменьшения в них содержания органического вещества — производное, понимаемое в смысле перехода *в качественное различие мелких количественных изменений в свойствах, в отношениях к природным явлениям и в отношениях к производственному использованию почвы.*

Затухание скорости нисходящего тока воды определяет неполноту использования этими почвами притока дождя. Из

всего количества притекающей дождевой воды в бесструктурную почву может проникнуть в среднем не больше 30% дождевой воды; 70% всей выпадающей дождевой воды стекает по поверхности почвы, вызывая так называемые «селевые потоки» (сели), огромные размывы и бедственные летние паводки (Китай, Дальневосточный край). Это процентное количество стекающей воды не зависит ни от продолжительности, ни от силы дождя.

Весенняя снеговая вода совсем не может проникнуть в бесструктурную почву. В это время в почве первый максимум содержания воды. Все волосные промежутки почвы заполнены водой, и больше воды почва вместить не может. Вся весенняя снеговая вода стекает по поверхности и обусловливает колоссальные разливы рек.

Дождевая вода проникает в бесструктурную почву только до известной глубины. После окончания дождя вся масса воды, проникшая в почву, переходит в восходящий ток под влиянием испарения воды с поверхности почвы. Очевидно, что питание грунтовой воды прекращается. Вместе с тем прекращается и питание рек в области степного периода почвообразовательного процесса. Реки, весь бассейн которых лежит в этой «степной зоне», пересыхают, обращаясь в *балки*. Балки функционируют только весной, во время поверхностного сбега снеговой воды, и иногда во время *летних и зимних паводков*. Постоянными остаются только реки, верховья которых лежат или в более молодых «почвенных зонах» (Волга, Днепр), или в области ледников (Аму-Дарья, Кура, Аракс, Или, Чу).

Исчезновение первого горизонта грунтовой воды влечет за собою еще последствие. Зимой в верхнем замерзшем или сильно охлажденном горизонте беспрерывно происходит сгущение водяного пара, перегоняющегося из нижних более теплых слоев почвообразующей породы. Это явление определяет наступление первого максимума содержания воды в почве ко времени весеннего таяния снега. Вода первого максимума на-

ходится в состоянии волосной воды и возвратиться в первый горизонт грунтовой воды не может. Она преимущественно испаряется в атмосферу и в небольшом количестве переходит в почвенную воду (верховодку). Таким образом, запас воды почвообразующей породы постепенно истощается и в ней ниже предела промокания почвы обособляется так называемый *мертвый горизонт.* Мертвый горизонт содержит только воду в состоянии *гигроскопической и пленочной*, т. е. он совершенно *не содержит* воды, усвояемой растениями.

Мертвый горизонт не обособляется в областях, орошаемых реками, берущими начало в ледниках, так как в этих областях первый горизонт грунтовой воды не иссякает, а поддерживается летним таянием ледников.

## СОЛЕВОЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ В СТЕПНОМ ПЕРИОДЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Особенности водного режима почв «степной зоны» находят яркое отражение в их «солевом режиме», с которым водный режим сочетается системой противоречивых взаимосвязей.

Общее направление степного периода почвообразовательного процесса выше характеризовано как период «*деградации*» почвы. Он сводится к усиленному разрушению ранее накопленных почвою органических остатков и перегноя и к преобладанию разрушения вновь ежегодно накопляющихся мертвых органических остатков.

При аэробном разрушении органического вещества, кроме летучих продуктов — воды и углекислоты, получаются еще минеральные соли. При разрушении перегноя, как накопленных в предшествующие периоды ульминовой и апокреновой кислот, так и образующейся ежегодно гуминовой кислоты, образуются преимущественно нитраты. Только при разрушении *солей* апокреновой кислоты образуются, кроме нитратов, еще окись железа, окись марганца и углекислая известь. Окись железа равномерно примешивается ко всей почве. Окись

марганца также примешивается к породе в форме так называемой *«марганцевой пунктации»*. Углекислая известь вовлекается в общий солевой режим.

Нитраты частью усваиваются новыми поколениями зеленых растений и микроорганизмов почвы, а неусвоенная часть их вовлекается в общий солевой режим.

При разрушении старых и ежегодно образующихся органических остатков образуются, кроме упомянутых уже нитратов, окиси железа и карбоната извести, еще фосфат кальция, сульфаты кальция, магния, натрия и калия, хлориды магния, кальция, калия и натрия и, кроме того, свободные молекулярно-растворимые кремневая и кремнетитановая кислоты. Кроме упомянутых соединений, образуется еще ничтожное количество других соединений и двойных солей, ближе не изученных.

Из перечисленных соединений некоторые содержат элементы пищи растений и, подобно нитратам, поглощаются новым поколением зеленых растений и микроорганизмов почвы. К таким принадлежит фосфат кальция. Катион кальция после поглощения аниона фосфорной кислоты соединяется с угольной кислотой почвенного воздуха, образуя карбонат извести. Поглощаются также значительные количества калия и магния. Остается их лишь небольшое количество в виде солей в почвенном растворе. Поглощается также и сера из сульфатов.

Кремневая и кремнетитановая кислоты в условиях щелочной реакции почв степного периода долго остаются в молекулярно-растворимом состоянии. Недолго длящийся весенний поток почвенной воды выносит эти кислоты по направлению к пониженным элементам рельефа. В зависимости от степени выраженности степной стадии почвообразования и весеннего тока почвенной воды, крутизны и экспозиции склонов, их длины и покрывающей их растительности отложение этих кислот может принимать разнообразное выражение.

В самой слабой степени развития всего процесса отложение этих кислот, т. е. переход их в нерастворимую коллоидальную

форму аморфной кремневой или кремнетитановой кислот, выражается в форме кремневой «присыпки» на структурных элементах почвы или в форме «*потеков*».

В дальнейшей стадии развития процесса отложение этих кислот принимает форму большей или меньшей степени «*осолодения*» почвы. Степень осолодения зависит от комбинации условий, которые перечислены выше.

Наконец, отложение этих кислот может принять характер корок и более мощных отложений на *солонцах* или отложений на «*подах*».

Аналогичные отложения характерны и для черноземного периода почвообразовательного процесса в виде «*ложных солонцов*» и «*осиновых кустов*». Но в этих условиях кремневая и кремнетитановая кислоты происходят в результате подзолообразовательного процесса и отложение их происходит в условиях *кислой реакции*. Эти образования представляют аналоги «*злых подзолов*» дерново-подзолистого периода почвообразовательного процесса.

Динамика режима углекислой извести в почве разобрана выше. На карбонатной морене все особенности этого режима приобретают яркое выражение. Выщелачивание бикарбоната и отложение кальция в форме карбоната извести в области перехода нисходящего тока воды в восходящий приобретает резкую форму вследствие обилия кальция в почвообразующей породе. Вследствие отсутствия сквозного вымывания из этих почв в области перехода нисходящего тока воды в восходящий скопляются мощные отложения *аморфного карбоната извести*. Эти отложения пронизывают и цементируют почвообразующую породу. Они образуют так называемый «*уплотненный горизонт*», или «*горизонт бурного вскипания*», постоянный спутник этих почв.

Так как в этом периоде почвообразования промывание почвы током капельножидкой воды исключено, а волосной восходящий ток может происходить и осенью из более теплых

нижних горизонтов почвы, то в результате вся масса почвы проникается углекислой известью. В зависимости от состояния влажности и температуры почвы углекислая известь может находиться во всем разрезе почвы в разных состояниях. В сухой и теплой почве она находится преимущественно в форме нерастворимого карбоната. Во влажной и холодной почве будет содержаться преимущественно воднорастворимый бикарбонат.

В связи с режимом углекислой извести и глубоким проникновением в почвы аэробного процесса находится и участь журавчиков карбонатной морены. Журавчики образовались в карбонатной морене в течение лугово-лесного периода под действием подзолообразовательного процесса. В течение всего лугового и лугово-степного периода они сохранялись в полной неизменности в обстановке анаэробиозиса. Журавчики состоят из равномерной смеси апокрената кальция и карбоната извести с элементами карбонатной морены с повышенным содержанием фосфата кальция.

По мере усиления аэробиозиса в течение степного периода апокренат кальция окисляется, образуя карбонат, и обнажает карбонат извести и фосфат кальция журавчиков действию переменных волосных токов воды. Журавчики начинают постепенно «рассасываться» по массе почвы, и карбонат извести постепенно сосредоточивается в уплотненном горизонте. Во время этого процесса *рассасывания* журавчики проходят через все стадии *«белоглазки»*, начиная от резко очерченных *«глазков»*, сохранивших еще контуры и элементы журавчиков, до все меньше оформленных расплывающихся *реликтов*.

## ЩЕЛОЧНАЯ РЕАКЦИЯ ПОЧВ СТЕПНОГО ПЕРИОДА ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Постоянное присутствие в почвах степного периода, особенно при наличности карбонатной морены, воднорастворимого бикарбоната извести определяет присущую этим почвам *постоянную щелочную реакцию*.

Протекающий в этом периоде аэробный процесс также непрерывно поддерживает щелочную реакцию почвы. Образуемая аэробными бактериями *гуминовая кислота* на месте своего образования нейтрализуется свободным *аммиаком* — обязательным продуктом *обмена веществ* при *аэробном* разложении *природных* растительных остатков. При дальнейшем разрушении образовавшейся *гуминовоаммиачной* соли образуется свободная *азотная* кислота (при промежуточном образовании азотистой кислоты) и освобождается гуминовая кислота. При выделении из своих солей гуминовая кислота всегда выпадает в абсолютно нерастворимой форме коллоидального *гумина*. Гумин совершенно безвреден для бактерий и немедленно разрушается ими с выделением свободной *азотной кислоты*.

Выделяющиеся при аэробиозисе свободные *азотистая и азотная кислоты* немедленно усредняются карбонатом извести, выделяющимся из растительных остатков при том же разложении, образуя нитрат и нитрит кальция, быстро переходящий в нитрат. При усвоении азотной кислоты нитрата кальция высшей и низшей растительностью освобождается катион кальция, немедленно усредняемый углекислотой почвенного воздуха и переходящий в бикарбонат извести.

Таким образом, аэробный процесс поддерживает присутствие бикарбоната извести в верхних слоях почвы, а следовательно, и щелочную реакцию.

Кроме бикарбоната извести, в почвах степного периода образуется и *бикарбонат натра*. Бикарбонат натра не только обладает *щелочной реакцией*, но и *ядовит*, даже в небольших дозах, для зеленых растений.

Из предыдущего разбора солевого режима почвы степного периода следует, что, кроме некоторого количества бикарбоната извести, в почве остаются сульфаты и хлориды щелочных металлов и сернокислый кальций. Остальные соли присутствуют в очень незначительных количествах. В присутствии в растворе бикарбоната извести между ним и раствором сернокислогс

натрия происходит реакция обмена основаниями с образованием бикарбоната натра и гипса. Пока не нарушено весовое отношение реагирующих солей, эта реакция усредняется такой же реакцией между бикарбонатом натра и гипсом, дающей бикарбонат кальция и сернокислый натрий.

Зимой происходит перегонка воды в виде пара из нижних горизонтов почвы и сгущение водяного пара в лед в верхних горизонтах почвы; таким образом, концентрация растворов солей в нижних слоях почвы беспрерывно растет в течение всего холодного времени года. Образующийся при реакции обмена гипс мало растворим в воде. Поэтому значительная часть гипса, как вновь образующегося в слое почвы, иссушаемом перегонкой водяного пара, так и принесенного сверху нисходящим током воды, откладывается в виде порошка, кристаллов или друз в этом иссушаемом слое. Так образуется *гипсовый горизонт*, типичный для почв степного периода.

Отложение гипса в глубоких слоях почвообразующей породы и прогрессирующий рост его кристаллов нарушает весовые отношения между ним и бикарбонатом натра. Вследствие этого некоторое количество бикарбоната натра исключается из реакции обмена. Восходящим током волосной воды бикарбонат натра выносится в поверхностные слои почвы.

## БОРЬБА СО ЩЕЛОЧНОЙ РЕАКЦИЕЙ ПОЧВ СТЕПНОГО ПЕРИОДА ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Из предыдущего разбора следует, что щелочная реакция почвы обязана своим существованием присутствию в почве степного периода двух соединений — бикарбоната натра и бикарбоната извести (дальше мы найдем и третье соединение).

Из того же разбора следует, что щелочную реакцию почвы, так же как и кислую, нельзя рассматривать как неподвижное

явление. К нему надлежит относиться как к процессу, неизбежному в данный период исторического процесса почвообразования. Очевидно, что все меры борьбы с этим процессом должны быть расчленены на: 1) приведение реакции корнеобитаемого слоя почвы к нормальной (слабокислой) реакции, требуемой корневой системой культурных растений, и 2) предупреждение быстрого повторения процесса наступления щелочной реакции.

Первая задача сводится к сравнительно простой операции нейтрализации бикарбоната натра и бикарбоната извести. Первая соль, наиболее вредная из двух, отличается большой подвижностью. Она легко выщелачивается осенним волосным нисходящим током воды. Но она вновь образуется зимой в глубоких слоях гипсового горизонта и вновь возвращается с летним восходящим волосным током воды. Простая борьба с этой солью основана на нейтрализации ее *серной кислотой* или внесением порошка *серы* (серного цвета), которая в почве биологически окисляется в серную кислоту, или внесением физиологически кислой сернoаммиачной соли, из которой после биологического превращения и усвоения аммиака освобождается анион серной кислоты. Даже оставляя в стороне острую дефицитность предлагаемых средств, мы становимся перед фактом одновременного присутствия в почве бикарбоната извести, который также усреднит все применяемые остродефицитные средства. Кроме того, содержание обоих бикарбонатов в почве будет незамедлительно восстановлено из гипсового горизонта и из неисчерпаемого запаса углекислой извести в горизонте вскипания.

*Совершенно очевидно, что успешная борьба со щелочной реакцией почвы осуществима только при условии полного разрыва волосного сообщения пахотного горизонта с горизонтом подстилающей почвообразующей породы.*

Сказанное станет еще более ясным при разборе еще одного свойства почв степного периода.

## ОБРАЗОВАНИЕ СОЛОНЦОВ И СОЛОНЧАКОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ СТЕПНОГО ПЕРИОДА

Мы видели выше, что нарастающий процесс аэробного разложения органических остатков почвы в степном периоде ее развития приводит к накоплению в почве солей одновалентных металлов, преимущественно натрия.

Все воднорастворимые соли в таких почвах находятся в состоянии ритмического движения, так называемой *«миграции солей»*. Это движение солей в *вертикальном* направлении происходит вследствие попеременной смены волосных токов воды, нисходящего и восходящего. В то же время всякий приток воды к менее плотным верхним слоям почвы вызывает и *горизонтальный* ток капельножидкой почвенной воды (верховодки). Этот горизонтальный (вернее, приблизительно параллельный поверхности почвы) ток особенно ясно выражен весной при природной ликвидации первого весеннего максимума воды в почве.

Таким образом, все воднорастворимые соли скачками, неравномерно, но неуклонно *движутся по направлению к пониженным элементам рельефа*. Этот ток солей не имеет наклонности к прекращению, потому что глубококоренные растения степной флоры (полыни, кермеки, астрагалы, голубая люцерна) беспрерывно возобновляют своим отпадом запас солей, усвоенных их корнями из глубоких слоев почвообразующей породы и грунтовой воды.

## ОБРАЗОВАНИЕ СОЛОНЦОВ

Каждую осень сконцентрировавшиеся во время летнего восходящего тока волосной воды соли одновалентных металлов промываются нисходящим волосным током в глубь почвы. При этом нисходящее движение создает условия вытеснения катиона кальция из перегноя структурных отдельностей черноземных почв.

Вытесненный катион кальция заменяется катионом натрия. После вытеснения катион кальция соединяется со свободным анионом серной кислоты и оседает в гипсовом горизонте.

Перегной, в котором поглощенный кальций заменен натрием, теряет свою «*прочность*» и в присутствии воды начинает переходить в коллоидальный раствор, образуя так называемый «*растворимый перегной*». Такой перегной в сухом состоянии крепко склеивает механические и структурные элементы почвы, но в присутствии воды он переходит в коллоидальный раствор и склеенные им отдельности почвы теряют связь, почва становится бесструктурной.

В начале этого процесса его влияние сказывается тем, что комки сухого чернозема начинают склеиваться между собой. Чернозем приобретает «*слитную структуру*», характерную для «южных» (в том числе предкавказских, азовских) черноземов.

Понятно, что этот процесс усиливается по направлению к пониженным элементам рельефа, куда весенний неволосной ток воды сносит все *молекулярно-растворимые* соединения. При дальнейшем развитии процесса, почвы в понижениях рельефа совершенно утрачивают структуру и превращаются в *солонцы*.

Вследствие полной непроницаемости почвы солонцов для весеннего потока почвенной воды уровень ее поднимается, вода поступает в понижения по поверхности солонца. Вместе с тем это приводит к расширению процесса развития солонцов вверх по склону и к вынесению всех молекулярно-растворимых веществ на поверхность солонцов и в поверхностные слои почвы, окружающей солонцы.

На поверхности солонца начинают отлагаться налеты, корки и целые горизонты ($A_0$) аморфной бесструктурной кремневой или кремнетитановой кислот. Выше по рельефу образуются солоди (попелуха, окост).

Одновременно с процессом развития *солонцов*, как в них, так и постепенно поднимаясь вверх по склону, начинается

процесс накопления в почве воднорастворимых солей, или процесс развития *солончаков*.

Преобладающие соли в солончаках представляют сернокислый натрий и хлористый натрий, но в подчиненных количествах встречаются и многие другие соли, в зависимости от комбинации местных условий.

Особенно большой производственный интерес представляет *нормальная сода*, или углекислый натрий (карбонат натра), вследствие ее сильного отрицательного влияния на структуру почвы и чрезвычайной ядовитости для растений.

Карбонат натра образуется при усвоении растениями серы как пищи из сернонатровой соли с одновременным освобождением большего количества гидроксильных ионов. Освобождающиеся гидроксильные ионы вызывают сильное увеличение щелочной реакции почвы. Подвергаясь гидролитической диссоциации, карбонат натра освобождает катион натрия и вновь выделяет свободные гидроксильные ионы. Катион натрия замещает поглощенный перегноем катион кальция при одновременном образовании нового количества свободных гидроксильных ионов.

В щелочной среде в присутствии воды перегной, содержащий поглощенный катион натрия, переходит в состояние коллоидального раствора. Тонкие минеральные элементы почвы (окись железа, алюмокремневая кислота) переходят в состояние, близкое к коллоидальному раствору (диспергируются). Вся масса почвы превращается в жидкую грязь.

По мере высыхания почвы, которое совершается быстро вследствие сплошных волосных ее свойств, объем диспергированного перегноя сильно уменьшается. Так как почва совершенно утратила всякие следы структуры, то при быстром уменьшении объема вся масса почвы разрывается глубокими трещинами на отдельные столбы. Вершины столбов приобретают как бы лакированную поверхность вследствие высыхания на них коллоидального раствора перегноя и покрываются выцве-

том и наносом кремневой и кремнетитановой кислот. Получаются *глубокостолбчатые*, *корковые* солонцы (трещинники Западной Сибири). Иногда к выцветам присоединяются воднорастворимые соли, и тогда солонцы постепенно переходят в солончаки.

Типичное свойство солонцов, имеющее огромное производственное значение,— их чрезвычайно большая *связность*, вследствие которой обработка их в сухом состоянии обычными орудиями и двигателями неосуществима. Во влажном состоянии они липки, пластичны и при обработке отваливаются безобразными глыбами, быстро твердеющими, как чугун.

Лишить перегной солонцов его способности образовывать коллоидальный раствор можно, только заменив поглощенный им катион натрия катионом кальция. Для этой цели применимы только соли кальция с сильными кислотами, так как бикарбонат извести при диссоциации выделяет не катион кальция, а окись кальция. Практически мы в настоящее время для этой цели имеем в своем распоряжении только гипс.

Но если ограничиться одним гипсованием, мы получим в почве сернокислый натрий, который при переменных нисходящем и восходящем волосных токах воды в почве опять очень быстро возвратит все к прежнему состоянию.

### Единственный путь успешной мелиорации солонцов — это сплошной по всей поверхности почвы разрыв волосного сообщения пахотного горизонта с почвообразующей породой

Очевидно, что этого можно достигнуть, *придав пахотному горизонту прочную комковатую структуру*. При такой структуре нисходящий ток капельножидкой воды будет промывать все вредные соли в почвообразующую породу. Но возвратиться в пахотный горизонт как эти вредные соли, так и продукты их взаимодействия уже не могут вследствие перерыва волосного сообщения между этими горизонтами.

Осуществление придачи почве степного периода в состоянии солонцеватости комковатой структуры посредством механической обработки недостижимо по трем причинам:

1) Механической обработкой бесструктурную почву удается превратить только в *глыбы* или в *порошок* или *в смесь* их, но нельзя получить комков, потому что такая почва *не крошится*.

2) Получаемая структура *не обладает прочностью*, т. е. расплывается в грязь от первого прикосновения воды.

3) Механическая обработка бесструктурной солонцовой почвы требует огромной затраты энергии и неизбежно связана с поломкой как почвообрабатывающего инвентаря, так и двигателей.

Достижение прочной комковатой структуры солонцовых почв при настоящем состоянии наших знаний и агротехнических средств достижимо только *одновременным* применением *гипсования* (агрохимического воздействия) и *посева смеси многолетних злаковых и бобовых трав* (агротехнического воздействия).

Действие гипса было разобрано выше. Многолетние травы развитием своей корневой системы разобьют всю массу бесструктурной почвы на комки и оплетут *каждый* комок корнями. При *ежегодном* анаэробном разложении *всей* корневой системы *многолетних злаков и части* корней *многолетних бобовых* каждый комок почвы будет пропитан *прочным* перегноем, и вся почва солонца через 3—4 года приобретет прочную комковатую структуру.

## БОРЬБА С СОЛОНЧАКАМИ И СО ВТОРИЧНЫМ ЗАСОЛЕНИЕМ ПОЧВЫ

Из предыдущего разбора процессов степного периода почвообразования ясно, что состояние солончака представляет нормальную и более *позднюю* стадию развития степного периода почвообразовательного процесса, следующую за состоянием *солонца*.

Под влиянием более значительной концентрации солей (электролитов), притекающих с более повышенных элементов рельефа, бесструктурная почва солонца приобретает *ложную* (*непрочную*) *структуру солончака*. Мелкие частички почвы, находящиеся в дисперсном состоянии (не сцементированные в *прочные* агрегаты), *сбиваются* (свертываются) в непрочные хлопья или сгустки, похожие на мелкие комки (поэтому прежде солончаки назывались «*структурными солонцами*»). Мелкость ложных микроструктурных элементов солончаковых почв не нарушает сплошных волосных свойств всей массы солончаковой почвы, внося в нее лишь количественные изменения.

Ясно, что улучшение солончаков должно слагаться из двух моментов: 1) удаления избытка солей из солончака и 2) предупреждения нового накопления в нем соли.

Если ограничиться только этими мероприятиями, то мы столкнемся с таким явлением: на почвах, не лишенных еще совершенно перегноя, а также на почвах, содержащих большое количество мельчайших иловатых механических элементов, после удаления избытка солей прекращается влияние их на свертывание мельчайших частиц почвы; почва солончака теряет свою ложную структуру и возвращается к дисперсному состоянию бесструктурной почвы солонца.

Поэтому приходится ввести еще третий момент в приемы борьбы с солончаками — обеспечение образования прочной комковатой структуры опресненной солончаковой почвы.

До сих пор применявшиеся меры улучшения солончаковых почв нельзя признать в какой бы то ни было мере отвечающими своему назначению. Я не буду разбирать по существу такие наивные меры, как сметание выцветов солей, улавливание солей культурой на солончаках солевыносливых растений с дальнейшей свозкой их с солончаков и сжиганием или стравливанием их скоту после того, как соли из этих растений будут выщелочены осенними дождями, смывание выцветов быстрой струей воды и другие детские затеи.

Более широко применяется выщелачивание солей продолжительным (1—2 года) затоплением. При этом бо́льшая часть солей волосным током воды вмывается в почвообразующую породу до предела ее волосного промачивания. Меньшая часть солей создавшимся подпорным током почвенной воды выносится кольцом на участки, окружающие «опресняемый» солончак. Как только с опресняемого участка спускается вода, так тотчас начинается подъем солей восходящим волосным током воды. В результате получается очень быстрое возвращение солончака в первоначальное состояние и порча окружающих его участков (подпорные солончаки).

Необходимость разрыва волосного сообщения пахотного горизонта с почвообразующей породой осознана уже давно. Попытки осуществления этого разрыва были сделаны при помощи дренажа.

Между дренами (трубами или канавами) само собой устанавливается так называемая *поверхность депрессии*. Эта поверхность относится только к *капельножидкой воде*. Капельножидкая вода, проникающая в почву *сверху* вследствие *проницаемости* почвы, вся скатывается по поверхности депрессии в дрены. Точно так же *капельножидкая* вода, поступающая в почву *снизу*, под *гидростатическим давлением* вся скатывается в дрены по той же поверхности.

*Но волосная вода не подвергается влиянию поверхности депрессии* и не скатывается при нисходящем токе в дрены. Точно так же *поверхность депрессии служит источником, питающим восходящий волосной ток воды в дренированной почве.*

*Поэтому дренаж ни в какой мере не может служить защитой от засоления почвы.*

Неудачный опыт с простым «горизонтальным» дренажем вызвал попытки применения *вертикального*, или *калифорнийского*, дренажа. Сущность его заключается в сети глубоких вертикальных буровых скважин, уровень воды в которых искусственно понижается путем непрерывной *откачки*. Ясно, что никакой ка-

чественной разницы между двумя видами дренажа нет. Они отличаются только формой поверхностей депрессии (параболический свод у горизонтального дренажа и гиперболоид вращения у калифорнийского).

Сплошной разрыв волосного сообщения пахотного горизонта с почвообразующей породой может быть достигнут только придачей всей массе пахотного слоя прочной комковатой структуры. Все требования системы борьбы с солончаками совпадают во всех деталях с теми, которые предъявляются борьбою с солонцами. Если мы вспомним, что *«опресненный»* солончак должен обратиться в солонец, то станет ясно, что при настоящем уровне наших знаний мы имеем лишь одно средство — *посев смеси многолетних трав с одновременным гипсованием почвы*.

Создавая приданием прочной комковатой структуры благоприятные условия проникновения капельножидкой воды до границы подпахотного горизонта, мы создаем и условия глубокого опреснения почвообразующей породы и ликвидации явления мертвого горизонта.

Осеннее накопление капельножидкой воды на поверхности подпахотного горизонта создаст ежегодное промывание солей до предела промачивания породы. Зимой будет протекать процесс перегонки водяного пара из глубоких слоев породы и сгущение его в почвенном горизонте. При этом восходящем передвижении воды соли будут оставаться неподвижными. В течение лета за отсутствием восходящего волосного тока воды вымытые соли останутся неподвижными. Каждый следующий осенний нисходящий ток волосной воды еще больше промоет почвообразующую породу. Таким образом создается слой породы с минимальным содержанием солей, определяемым величиной ежегодного притока их из пахотного горизонта.

Прекращение непосредственного испарения воды из глубоких слоев породы вследствие прекращения восходящего летнего волосного тока повлечет за собой прогрессивное увеличение

содержания воды в породе и все большее проникновение ее в глубину.

## ВТОРИЧНОЕ ЗАСОЛЕНИЕ И МЕРЫ ЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

Явление «*вторичного засоления*», или образование «*вторичных солончаков*», быстро наступает при орошаемой культуре почв степного периода, бывших «*пресными*» в целинном состоянии. При неорошаемой культуре это явление наступает через гораздо больший срок в прямой зависимости от степени *деградации* почвы. Но *рано или поздно оно обязательно наступает при примитивной культуре почв степного периода почвообразовательного процесса.*

Причины этого явления очень просты. В почвах степного периода типичное явление представляет существование *соленосного горизонта* различной степени выраженности и на различной глубине. Пока почва покрыта природной степной (или переходной) растительностью, восходящий волосной ток воды не выражен. С самой ранней весны поверхность почвы покрыта природным покровом степной флоры, изреживающимся по мере иссякания запаса воды в почве (весенние эфемеры, летние степные растения, осенняя глубококоренная флора). Эта флора испаряет воду, черпаемую ее корневой системой из *массы почвы*, не вызывая тока волосной воды, доходящего до поверхности почвы.

Осенью в почве преобладает нисходящий ток воды, промывающий соли, образующиеся вследствие летнего разложения органических остатков, до предельной глубины промокания почвы.

Когда такая почва вводится в культуру (распахивается), все равно орошаемую или неорошаемую, ее природный весенний водный режим резко нарушается. Ее весенний растительный покров гораздо менее густ, при зяблевой вспашке он практически отсутствует, и непосредственное испарение поверхно-

стью почвы сильно преобладает. После посева преобладает непосредственное испарение воды поверхностью почвы, так как корневая система культурных растений развивается постепенно весной, между тем как у природной степной флоры корневая система развивается с осени.

В случае озимого посева разбираемое явление несколько смягчается, но все-таки и под озимью непосредственное испарение воды поверхностью почвы сильно выражено до момента сплошного затенения почвы покровом озими. Нельзя забывать, что *поверхность почвы степи или перелога, кроме живого покрова, всегда покрыта и мертвым покровом надземных растительных остатков, сильно умеряющих испарение воды непосредственно поверхностью почвы.* Преобладание волосного восходящего тока воды на культурной почве особенно ярко выражено при орошаемой культуре на основе общего закона, по которому *количество испаряемой волосным телом воды прямо пропорционально содержанию в нем воды.*

Вследствие этого преобладания волосного восходящего тока воды в культурной, особенно в орошаемой почве, водно-растворимые соли из солевого горизонта постепенно передвигаются к поверхности почвы. На орошаемых почвах это передвижение происходит быстро и во времени и в отношении количества передвигаемых солей. Происходит непосредственное образование *вторичных солончаков.*

При неорошаемой культуре тот же процесс передвижения солей к поверхности почвы происходит более медленным темпом как во времени, так и в отношении количества передвигающихся солей. Почвы степного периода при условии неорошаемой примитивной культуры постепенно переходят в состояние *вторичных солонцов*, длительно остаются в этом состоянии, неуклонно обостряющемся и переходящем в состояние *вторичного солончака.*

Способы предупреждения явлений образования *вторичных солонцов и вторичных солончаков* с очевидностью вытекают из

разбора процесса их образования. Они сводятся к прекращению восходящего волосного тока воды. Это прекращение волосного восходящего тока воды осуществимо только путем *сплошного* разрыва волосного сообщения между пахотным и подпахотным горизонтами. Достижение же этого требования практически возможно в условиях сельскохозяйственного производства только путем создания прочной комковатой структуры пахотного горизонта.

Мы уже говорили о том, что это последнее требование при настоящем развитии науки и техники достижимо только посредством культуры на полях смеси многолетних трав.

С еще более выпуклой очевидностью следует, что *ввиду быстрого наступления на почвах степного периода вторичного засоления при орошаемой культуре она может вестись без отрицательных последствий только на фоне травопольной системы земледелия.*

Мы не можем не сделать еще одного вывода из всего предыдущего изложения — вывода, ярко отражающего глубоко скрытую борьбу противоречивых классовых интересов настоящей исторической эпохи.

*С беспощадной очевидностью вытекает, что отрицательные свойства почвы как средства производства представляют продукт неправильного направления труда, продуктом которого является и самая почва.*

С самоочевидной ясностью вытекает, что это неправильное направление труда представляет прямой результат *полного разрыва науки и труда* в прошлом, как следствия противоположности интересов трудящегося класса и класса, присваивающего результат не своего труда.

Это разрыв, выхолостивший «науку о почве» от всякого научного содержания и предоставивший сельскохозяйственному труду итти по проторенному пути тысячелетних традиций, может получить решающий могучий толчок к своей ликвидации только в котле кипящей социалистической перестройки,

властно требующей подведения научного фундамента под свою перспективную плановость.

И с той же очевидностью ясно, что всякую попытку заменить науку насквозь прогнившей традицией дореволюционного самотека и преклонением перед силами природы как перед непреодолимым препятствием следует трактовать по меньшей мере как невежество, как элементарное непонимание смысла и значимости социалистической перестройки общества.

Силы природы надо изучать для того, чтобы обратить их в производительные силы социалистического общества.

## БОРЬБА С АНТАГОНИЗМОМ ВОДЫ И ПИЩИ В ПОЧВЕ И С ЯВЛЕНИЕМ ПОЧВОУТОМЛЕНИЯ

Этой борьбе с антагонизмом воды и пищи в почве и с явлением почвоутомления как с двумя главными агротехническими причинами малой производительности труда в растениеводстве посвящена значительная литература. В том числе и настоящая книга посвящена этому вопросу с точки зрения увязки вопросов плановости социалистического сельскохозяйственного производства с производительностью труда занятого в нем населения.

Этот вопрос в своей огромной сложности взаимосвязи и взаимодействия ряда социальных, бытовых, психологических и реликтовых причин включает и ряд причин агротехнических (в широком понимании).

Предыдущее изложение имело целью осветить агротехнические моменты, выдвигаемые новым этапом социалистической борьбы с природой, не получившие еще достаточно всестороннего освещения.

В дальнейшем изложение посвящается разбору агротехнических моментов, без отчетливого понимания которых немыслимо решение вопросов организации всего комплекса сельскохозяйственного производства, отвечающего требованиям

текущих запросов реконструкции в ее последовательно-перспективном развитии.

Таким моментом текущей остроты, связанным одновременно с вопросами внутреннего советского товарооборота, представляется вопрос о разрешении проблемы животноводства, неразрывно связанной с обеспечением устойчивой и целесообразной кормовой базы, с вопросом снабжения трудящихся овощами и снабжения промышленности сырьем.

Органическая взаимосвязь и взаимовлияние этих моментов становится ясным при разборе особенностей *растениеводства* как отрасли сельскохозяйственного производства.

## КАКОВА ПОЛЕЗНАЯ ПРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Всякий урожай слагается из двух частей. Первая, ради получения которой и возделываются растения, составляет плоды, семена, клубни или корни, которые могут служить непосредственно материалом для приготовления пищи человека, а также и материалом для развития будущих поколений растений. Это — в прямом смысле слова полезный продукт растениеводства.

Наряду с этим получается и вторая часть урожая, непригодная для пищи человека, это — отмершая зеленая поверхность растений, их корни и корневые разветвления, стебли, ветви, черешки и покровы плодов и семян — ботва, пожнивные остатки, солома и пр. Это отброс растениеводства.

Соотношение между полезной частью урожая, или той частью всей продукции растениеводства, которую называют товарной продукцией, и отбросами и отходами растениеводства довольно постоянно для всех сельскохозяйственных культур. В среднем, не делая грубой ошибки, можно принять, что на одну весовую часть товарной продукции приходятся три таких же весовых части отбросов и отходов, или, другими словами, *полезная продукция растениеводства составляет лишь 25% всего урожая растений, а 75% его представляют отбросы.*

Мы видели раньше, что для создания азотсодержащего органического вещества растение должно было разрушить приблизительно половину созданного им безазотного органического вещества и что энергия, первоначально связанная растением в разрушенной им же части органического вещества, освобождалась в виде тепла. Поэтому, если выразить полезную производительность растения по отношению ко всему количеству усвоенной им солнечной энергии, то окажется, что *полезная продукция растения представляет лишь 12,5% всего количества поглощенной энергии, а отбросы* составляют 87,5% того же количества энергии.

## ОСНОВНЫЕ ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Совершенно ясно, что помириться с такой ничтожной производительностью труда в основном производстве всего человечества нельзя. Поэтому в состав сельскохозяйственного производства входит как неотъемлемая его часть, как *вторая отрасль производства — животноводство.*

*Задача животноводства сводится к преобразованию отбросов растениеводства в товарную продукцию.* В конечном результате *животноводство, так же как и растениеводство, выпускает не более 25% всей своей продукции в форме полезной — в виде продуктов животноводства, а 75% — в виде отбросов — навоза.*

Навоз содержит все элементы пищи растений в виде сложного органического вещества. Зеленые же растения требуют пищу в виде простых минеральных веществ, и сложное органическое вещество не может служить им пищей. Если прибавить к сказанному, что элементы пищи растений составляют лишь небольшую по весу часть земной коры, входя в нее все, вместе взятые, в количестве менее двух процентов, то станет ясным, что *если ежегодно часть огромной продукции сельского хозяйства*

*з сего земного шара будет оставаться в виде навоза, то скоро мы начнем ощущать недостаток пищи для растений.*

Ясно, что навоз и пожнивные остатки должны беспрерывно разрушаться и их составные части — пища растений — должны возвращаться в почву. Это входит в задачу *третьей отрасли сельскохозяйственного производства — земледелия*, разрушающего навоз и пожнивные остатки при посредстве микроорганизмов почвы и возобновляющего запасы пищи растений.

## ИНЫЕ ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТБРОСОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Иногда предлагают переделать в полезные продукты отбросы растениеводства иными путями, кроме переработки их в продукты животноводства и его отброс — навоз. Такими известными нам путями могут быть переработка их в бумагу, картон, целлюлозу, употребление их в качестве топлива или применение в качестве удобрения.

Но такие продукты, как бумага, картон или целлюлоза, при всей их неоспоримой полезности, не представляют продуктов настолько широкого потребления, чтобы можно было в них переделать все колоссальное количество соломы, ежегодно создаваемое сельским хозяйством. Кроме того, отбросами растениеводства являются не только солома, но и ботва, шнитцель, черная патока, мязга и ряд других отбросов и побочных продуктов сельскохозяйственных технических производств, как барда, солодовые ростки, жмых, отруби, озадки хлебов, которые мы не умеем производительно использовать иначе, как при посредстве животноводства. Все эти отбросы и побочные продукты или представляют ценные концентрированные корма, или содержат большое количество воды. Поэтому скармливание их без прибавки грубых соломистых кормов неосуществимо.

Использование тех же отбросов в качестве топлива встречается с теми же затруднениями, о которых только что упоми-

налось. Кроме того, при сжигании отбросов растениеводства мы превращаем все количество поглощенного зеленым растением солнечного света в тепло, вместо того чтобы преобразовать его в ценное азотное вещество продуктов животноводства, и из веществ пищи растений, образующих органическое вещество, теряем весь азот, который полностью переходит в форму свободного азота воздуха.

Попытки запахивать отбросы растениеводства могут повлечь за собой двоякие последствия, в зависимости от характера запахиваемых отбросов. Если отбросы представляют зеленую ботву, то запашка их прямого вреда принести не может, и они служат в качестве удобрения. Однако такая запашка производится в конце лета или в начале осени, когда в почве разрушение органического вещества совершается очень быстро, и в результате в почве совсем не происходит накопления перегноя, и все составные части органического вещества отбросов обращаются в простые минеральные вещества, легко растворимые в воде. Даже трудно растворимая в чистой воде фосфорнокислая соль кальция, образующаяся при этом разложении, легко растворима в воде, содержащей в растворе углекислоту, а природная вода, в особенности почвенная вода, всегда содержит в растворе угольную кислоту, которая всегда образуется при разложении растительных и животных остатков. Поэтому образующиеся легкорастворимые вещества пищи растений в значительной мере подвергаются опасности вымывания из почвы осенними дождями. Таким образом, при запашке ботвы вместо ее скармливания не только не получается ценных продуктов животноводства, но даже удобрительная способность ее используется в гораздо меньшей степени, чем в случае обращения в навоз, и 87,5% непроизводительного труда, воплощенного в этих отбросах, в огромной своей части остается тем же непроизводительным трудом.

Еще хуже обстоит дело в том случае, когда запахиваются солома или мякина, и совсем плохо, если запахивается кострика.

Все эти вещества — солома, мякина и кострика, равно как и стебли хлопчатника, подсолнуха и капустные кочерыжки, остающиеся в поле после уборки урожая, содержат очень мало азотистых соединений. Поэтому, когда эти вещества запахиваются в почву и начинают быстро разлагаться при благоприятных условиях свободного доступа воздуха в свежевспаханную почву, бактерии, разлагающие их, покрывают недостающий и необходимый для их жизни азот, разрушая содержащиеся в почве готовые, годные для питания растений, соединения азота — нитраты (соли азотной кислоты). Эти нитраты образовались в почве вследствие разложения азотсодержащих растительных и животных остатков и служат азотной пищей растений. Поэтому после разрушения нитратов бактериями, разлагающими запаханную солому и другие безазотистые соединения, в распоряжении культурных растений будет находиться тем меньшее количество азотной пищи, чем больше было запахано соломы и пр. И сообразно уменьшению количества азотной пищи будет уменьшаться и урожай последующей культуры, так как без азотной пищи не может образоваться белковое вещество, а без белка не может увеличиваться зеленая рабочая поверхность растения. Следовательно, употребляя на удобрение солому и другие отбросы растениеводства, содержащие мало азота, мы не только лишаемся ценных продуктов животноводства, но и в значительной степени снижаем производительность труда, вкладываемого в обработку почвы под последующее культурное растение, урожай которого будет неизбежно снижен влиянием запаханной соломы. И снижение урожая будет тем значительнее, чем больше запахано соломы. Общая производительность труда в производстве будет понижена еще больше.

Иногда предлагается сжигать солому на поле, на котором она выросла и на котором она остается после обмолота или после отделения от нее производительной части урожая. При сжигании соломы из сжигаемого органического вещества об-

разуются сода и поташ, разрушающие прочность комковатой структуры почвы и, следовательно, снижающие производительность труда, употребляемого на обработку почвы. Ведь цель обработки — придача почве комковатой структуры, и чем меньше прочность комков, чем скорее комки будут размываться дождями, тем ниже будет урожай следующего культурного растения Только в исключительных случаях можно прибегать к сжиганию на полях больших масс органического вещества. К таким исключительным случаям принадлежит, например, сжигание на полях сорняков, развившихся массами в результате применения неправильной агротехники.

Совершенно очевидная несостоятельность разобранных приемов использования нетоварной части урожая привела к выработке способа приготовления *искусственного навоза* без помощи животноводства. По этому способу, известному в сельском хозяйстве давно под названием «компостирования» соломы, нетоварная часть урожая складывается в скирды или ометы в переслойку с веществами, содержащими азот и другие составные части пищи растений, и время от времени поливается. По старому способу для поливки применялись навозная жижа, помои, жидкие отбросы кустарных производств и «ночное золото». Такая поливка служила как для увлажнения, так и для внесения в массу соломы недостающего для питания бактерий азота. Кроме того, в компост вносилась и печная зола. Таким образом использовались избыток соломы, кострика и все отбросы хозяйства, и все производственное значение этого приема заключалось в использовании всех отбросов, которые не могли быть использованы животноводством. С незапамятных времен и до настоящего времени этот прием сохранился под названием «амбар» у народностей центральной Азии, в том числе и во многих местностях среднеазиатских республик нашего Союза.

При способе приготовления искусственного навоза все количество нетоварных продуктов растениеводства переделывается в удобрения, причем недостающие для жизни бактерий

элементы пищи вносятся в массу соломы в виде покупных минеральных удобрений. Равномерное распределение элементов пищи достигается поливкой водой. Совершенно ясно, что при этом способе использования соломы производство в целом лишается товарных продуктов животноводства, и все 87,5% непроизводительного труда, воплощенного в соломе, целиком переносятся на искусственный навоз. Кроме того, в стоимость искусственного навоза перевоплощается и все количество труда на сгребание соломы, свозку и складку ее в ометы и поливку водой. Возрастание технической эффективности искусственного навоза вследствие прибавки к соломе минеральных удобрений ни в какой мере не может снизить непроизводительного труда, затраченного на его приготовление, так как действие их не изменится независимо от того, будут ли они применяться отдельно или в смеси с перегноенной соломой.

Приготовление искусственного навоза может найти экономическое обоснование только в единоличном хозяйстве или в небольших «имениях», где при некоторых комбинациях условий организации хозяйства животноводство в кустарном масштабе может оказаться неокупающейся отраслью хозяйства.

## ЗЕЛЕНАЯ КОРМОВАЯ ПЛОЩАДЬ — ОСНОВА ПРОДУКТИВНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

*Производительное животноводство может быть организовано только при условии наличности в хозяйстве зеленой кормовой базы.* Эта зеленая кормовая площадь в хозяйстве может служить или для получения сена — основы зимнего кормления продуктивного скота, или для получения сочного зеленого корма для стойлового или пастбищного кормления. Чаще всего встречается использование зеленой кормовой площади всеми тремя способами.

Неизбежность зеленой кормовой базы во всяком хозяйстве— совхоз ли это или колхоз — определяется особенностями отбросов растениеводства. Все эти отбросы могут быть разделены

на четыре основные группы: 1) соломистые корма, 2) бодылье, 3) ботва и другие отбросы культуры корне-клубнеплодов и 4) концентрированные корма.

Из этих отбросов бодылье, т. е. твердые, содержащие большое количество древесины стебли хлопчатника, табака, подсолнуха, семенников корнеплодов и др. (к ним же по качеству можно причислить кострику ряда прядильных растений), не имеет кормового значения и может быть использовано на топливо или на приготовление компоста как материал, облегчающий использование других отбросов хозяйства, или как сырье для изготовления суррогатов строительных материалов.

Три группы других отбросов имеют кормовое значение, и из них четвертая группа качественно отличается высоким содержанием белковых веществ. Две остальные группы объединяются одним общим признаком — ничтожным содержанием белковых веществ; они состоят преимущественно из безазотного органического вещества. При этом отбросы, получаемые при культуре корнеплодов, большей частью содержат много воды, в таком виде храниться не могут и должны подвергаться или искусственному высушиванию, или силосованию.

В процессе питания животных две группы растительных веществ, содержащие азот и безазотные, имеют различное значение. Животные могут самостоятельно преобразовать безазотное растительное вещество только в тепло; преобразовать в содержащее азот вещество своего тела или непосредственно в работу животные могут только содержащие азот растительные вещества.

Только низшие незеленые растения обладают способностью преобразования безазотного растительного вещества в содержащее азот органическое вещество. Конечно, эту работу преобразования безазотного органического вещества в содержащее азот, низшие незеленые растения — грибы, лучистые грибы и бактерии — могут совершить, если они получают достаточное количество пищи, содержащей азот.

Все домашние животные принадлежат к двум группам: животные с простым желудком и животные со сложным желудком — жвачные. Только у жвачных животных происходит сложное пищеварение, в котором последовательно в разных желудках животного в процессе изменения пищевой массы принимают участие лучистые грибы, инфузории, простые грибы и бактерии.

Поэтому процесс преобразования безазотных отбросов растениеводства в работу и в богатые азотом продукты животноводства доступен только жвачным животным и при непременном добавлении в состав кормовой дачи концентрированных кормов как источника необходимого азота.

Животные с простым желудком, в переваривании пищи которых низшие незеленые организмы не принимают участия, не могут поддерживать жизнь и производительность безазотными кормами и требуют концентрированных кормов как основы питания. Роль безазотных кормовых веществ в кормовой даче животных с простым желудком — лошадей, свиней, кроликов и птицы — сводится к тому, что эти вещества служат материалом для поддержания температуры тела животных — источником животного тепла. Поэтому зимой в холодных помещениях животные потребляют большое количество кормов, содержащих мало азота. В случае малого содержания в кормовой даче органических веществ, не содержащих азота, необходимая температура тела поддерживается разрушением органического вещества концентрированных кормов, и полезная продуктивность животных падает.

Кроме правильного соотношения содержания безазотного органического вещества грубых объемистых кормов, безразлично соломистых или сочных — силосованных, и кормов концентрированных, богатых белками, производительная работа животного организма требует наличия в корме особых веществ, носящих название *витаминов*. Недостаток витаминов в корме животных отражается рядом болезнен-

ных явлений, объединяемых под общим названием *авитаминоза*.

Проявления авитаминоза очень разнообрзаны в зависимости от того, какой группы витаминов нехватает в корме. Общая напряженность жизнедеятельности животного организма падает, производительность животного прогрессивно уменьшается, размножение сильно затрудняется, развивается массовая яловость; появляются массовые болезни — рахит, преждевременная дряхлость, повальные мокрецы, уменьшается сопротивляемость организма инфекционным заболеваниям, начинает свирепствовать повальный выкидыш, повальное воспаление легких, поедание шерсти и т. д. Новые поколения мельчают, их производительность также прогрессивно падает, и начинает свирепствовать туберкулез.

*Грубые соломистые корма содержат ничтожное количество витаминов*, практически граничащее с их отсутствием. *Корма силосованные практически также не содержат их*. Корма, подвергавшиеся искусственной сушке, и концентрированные корма, подвергавшиеся процессу экстрагирования жиров летучими растворителями, также не отличаются большим содержанием витаминов.

Единственным полноценным источником витаминов в кормовой даче травоядных домашних животных может быть только природный их корм в виде зеленого корма или пастбища летом и сена зимой.

Таким образом, в настоящей стадии развития сельскохозяйственного производства мы должны признать, что *организация продуктивного животноводства*, могущего действительно снизить 87,5% непроизводительного труда в растениеводстве, *достижима* преимущественно *на основе зеленой кормовой площади*.

Вторым источником витаминов служат те участки кормовой площади, которые заняты производством сочных кормов. Кормовая площадь этого назначения должна быть разделена

на две части: ту, которая занята производством *кормовых корнеплодов*, и ту, задачей которой ставится производство материала для приготовления силосованного корма. Вторая из этих двух частей играет в деле снабжения витаминами второстепенную роль вследствие уменьшения количественного содержания их во время процесса силосования. Площадь же под корнеплодами не может соперничать с зеленой кормовой площадью вследствие водянистости производимого ею корма, трудностей, связанных с его хранением, и особенностей его влияния на качество продуктов животноводства, препятствующих корнеплодам стать основой продуктивного животноводства.



*ГЛАВА ПЕРВАЯ*

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КУЛЬТУРЫ ЗЕЛЕНОЙ КОРМОВОЙ ПЛОЩАДИ

Зеленая кормовая площадь слагается главным образом из лугов, состоящих преимущественно из многолетних трав. Из последних главное кормовое значение имеют многолетние злаки. Причина преобладающего значения многолетних злаков в зеленой кормовой площади заключается в том, что они способны к неограниченному образованию обильных новых побегов в течение всего теплого времени — от начала своего цветения до глубокой осени, до наступления зимы. Эта способность дает возможность получить с лугов по меньшей мере два укоса и, кроме того, пользоваться ими как постоянным пастбищем. Другие растения или совсем не отличаются такими свойствами, или обладают ими в гораздо меньшей степени.

Кроме того, многолетние злаки превосходят все другие кормовые растения благоприятным сочетанием безазотных и содержащих азот органических веществ и могут входить в кормовую дачу животных в любом количестве, не принося им вреда. Они являются природной пищей травоядных и, по подсчетам английских ботаников, входят в количестве 90% по весу в состав природных группировок травянистых растений.

Помимо сказанного, многолетние злаки имеют листья, обладающие значительной упругостью в сухом состоянии, тогда как у большинства других травянистых растений листья

в сухом состоянии очень хрупки, и поэтому при уборке, при раздаче сена и при самом поедании его большая часть листьев этих растений обращается в труху, и в сене остаются преимущественно стебли, тогда как сено злаков сохраняет в этих условиях почти все свои листья.

Стебли злакового сена мало отличаются по составу и по внешним свойствам от листьев, тогда как у большинства бобовых и так называемого разнотравья стебли содержат очень много одревесневшей клетчатки, имеющей ничтожное кормовое значение.

Чтобы составить ясное понятие о главных свойствах многолетних злаков, нужно познакомиться с их развитием.

## СЕМЯ ЗЛАКА И ЕГО ПРОРАСТАНИЕ

Семя (плод) злака состоит из продолговатого тела, называемого *белком*. В клеточках белка содержатся крахмал и белковые вещества, служащие для питания прикрепленного к нижней части белка *зародыша*, пока он не вышел на поверхность почвы и не образовал зеленых листьев, которые самостоятельно могут образовывать крахмал и превращать его в своих клеточках в белки.

Зародыш злака состоит из *щитка*, которым он примыкает к белку; к щитку снизу прикреплены зачатки корня и стебля, так называемые *корешок и перышко* (рис. 1).

Когда семя злака попадает в условия одновременного присутствия воды и воздуха и благоприятного тепла, оно начинает прорастать.

Под влиянием воды и воздуха в клеточках белка образуется вещество, обращающее крахмал в сахар. Сахар через щиток всасывается зародышем, который и начинает расти.

В зародыше первым прорастает корешок. Он удлиняется и прорывает оболочку, покрывающую весь плод злака. После прорыва оболочек плода развитие главного корня у многих

злаков приостанавливается, у других он продолжает расти, но у всех злаков после прорыва плодовых оболочек начинают развиваться корни второго порядка, которые ветвятся и образуют корневые волоски, всасывающие из почвы воду.

Как только поступление воды из почвы в зародыш злака усилится вследствие достаточного развития корней второго порядка, так тотчас же начинается развитие перышка — зародыша стебля злака.

Перышко состоит из заостренной на конце трубочки, на дне которой помещается зачаток стебля и листьев злака. При прорастании перышка начинают усиленно размножаться делением клеточки основания первичного листка и поэтому вся трубочка удлиняется. При этом удлинении острый конец трубочки прорывает плодовые оболочки плода злака, выходит наружу и прокладывает себе путь к поверхности почвы, раздвигая лежащие на ее пути частицы почвы. После того как трубочка поднимается над поверхностью почвы, клеточки ее острого конца ослизняются, трубочка открывается и дальнейший рост ее прекращается.

Вышедшая на поверхность почвы и открывшаяся на верхнем конце трубочка имеет внутренние очень гладкие стенки, и внутри нее, не встречая препятствий, начинает развиваться зачаток стебля злака. Стебель злака через отверстие трубочки выходит на свет и образует первый зеленый лист. На этом заканчивается прорастание злака, и далее начинается его *кущение* (рис. 2).

Кущение состоит в образовании новых *побегов*, или стеблей. Всякий стебель злака представляет полую трубку, разделенную внутренними перегородками на несколько участков, называемых *междоузлиями*, которые все вместе образуют *соломину*. Места, где соломина прерывается перегородками, ясно заметны снаружи, так как на них развиваются листья злаков, образующие небольшие вздутия — *узлы* соломы.

Листья злаков охватывают соломину по всей ее окружности,

и нижняя часть листьев свернута трубкой вокруг значительной части междоузлия соломины. Свернутая часть листа,

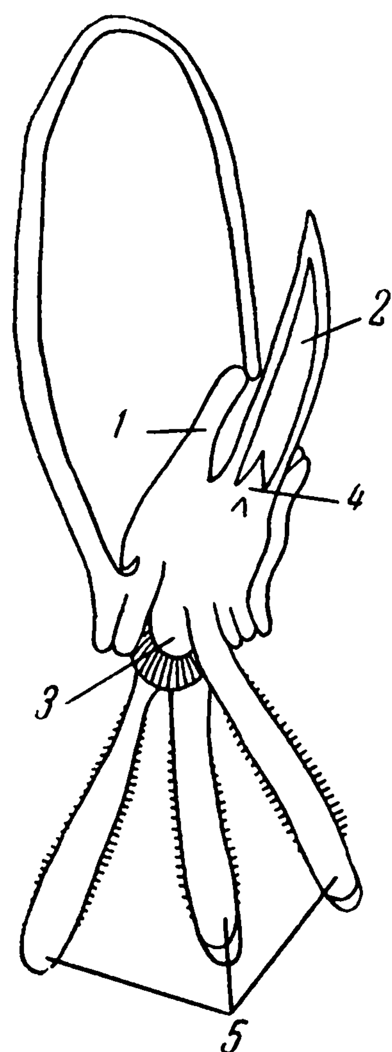



Рис. 1. Схема прорастания вторичных корней и перышка плода культурного злака:

*1* — щиток; *2* — первичный листок; *3* — главный корень; *4* — зачаток стебля; *5* — вторичные корни.

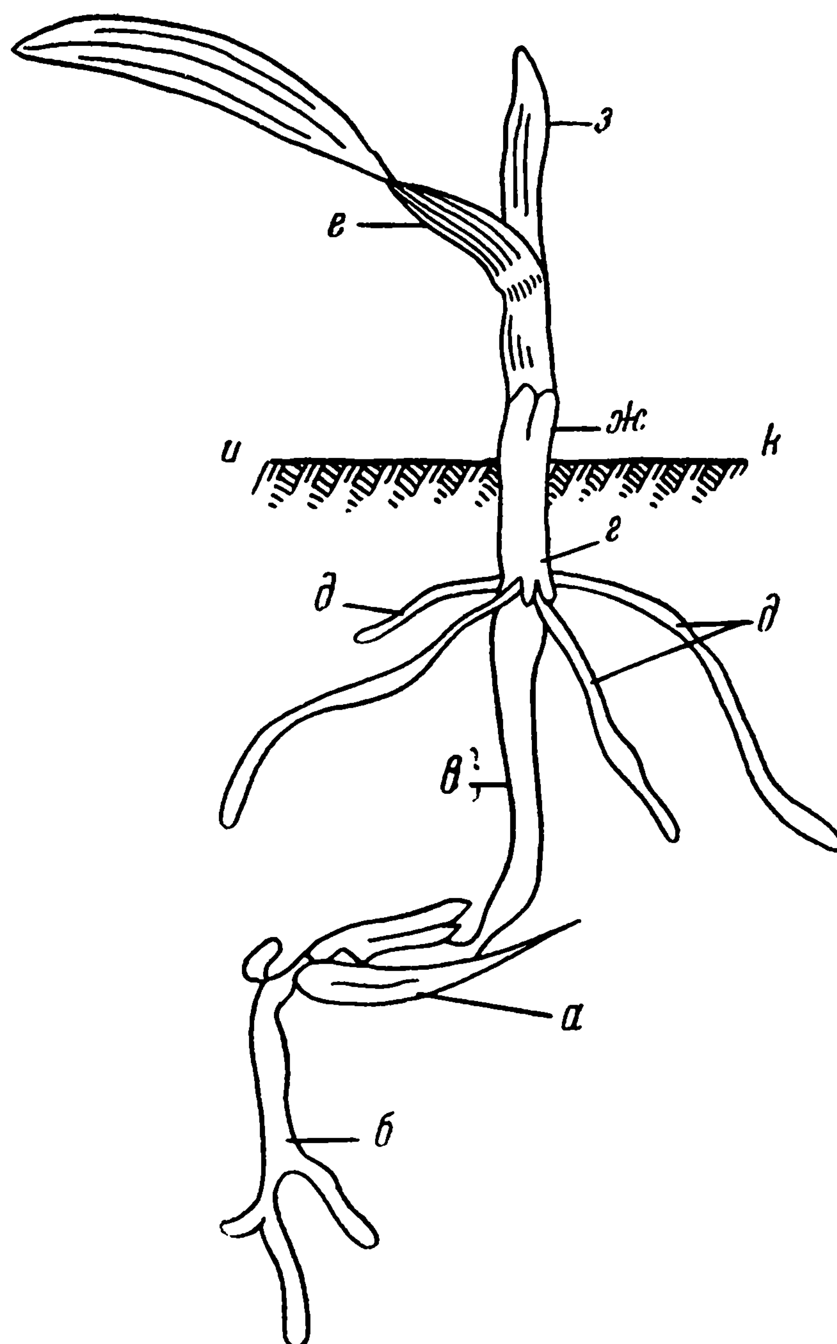



Рис. 2. Кущение:

*а* — остаток плода в чешуйках; *б* — главный корень (первичный); *в* — первое междоузлие, заключенное в зародышевое листовое влагалище; *г* — узел кущения; *д* — придаточные (вторичные) корни, прободающие зародышевое листовое влагалище; *е* — первый лист; *ж* — зародышевое листовое влагалище; *з* — второй лист; *и*, *к* — поверхность почвы.

охватывающая междоузлие, называется *листовым влагалищем* и только в верхней своей части отгибается и *образует листовую пластинку*, которая и называется *листом* злака.

Злаки отличаются от растений бобовых и разнотравья тем, что рост стебля злака в длину происходит не в верхней его части, а в нижней части каждого междоузлия. Этот рост в длину совершается путем так называемого «вставочного» роста, т. е. деления клеточек междоузлий, которые поэтому постепенно выдвигаются своими верхними концами из охватывающих их листовых влагалищ. Ясно, что ко времени уборки травы на сено на всем протяжении стебля злаков равномерно распределены участки молодых клеток, находящихся в состоянии роста и поэтому богатых содержанием питательных веществ, и поэтому стебли злаков по своему кормовому достоинству не отличаются от их листьев. Кроме того, стебли злаков в большей части своей длины обернуты листовыми влагалищами, защищающими наиболее молодые растущие нижние части каждого междоузлия.

У растений бобовых и у разнотравья стебли растут только своим верхним концом, а в нижней, наиболее старой части преобладают одревесневшая клетчатка и сосудистые пучки, состоящие из клеточных стенок. Живые клетки сохраняются только в коре этих стеблей. Поэтому кормовое достоинство стеблей бобовых и разнотравья хуже, чем их листьев; при хрупкости же этих листьев значение бобовых растений и разнотравья в луговом сене гораздо ниже, чем значение злаков.

Развившийся во время прорастания злака из семени стебель образует первый узел на небольшом расстоянии от поверхности почвы. У части злаков этот первый узел образуется на небольшой глубине *под* поверхностью почвы, у других он образуется *над* поверхностью почвы. Первый узел имеет у большинства злаков особенно важное значение и называется *узлом кущения. В пазухе* листового влагалища, отходящего от узла, расположена почка — зачаток нового стебля; при основании почки имеются один или несколько бугорков — вздутий, образованных зачатками корней, заложенными внутри стеблевой почки в серединной части зачатка стебля. У большин-

ства злаков новые побеги развиваются только из узла кущения. Из других надземных узлов новые побеги развиваются лишь

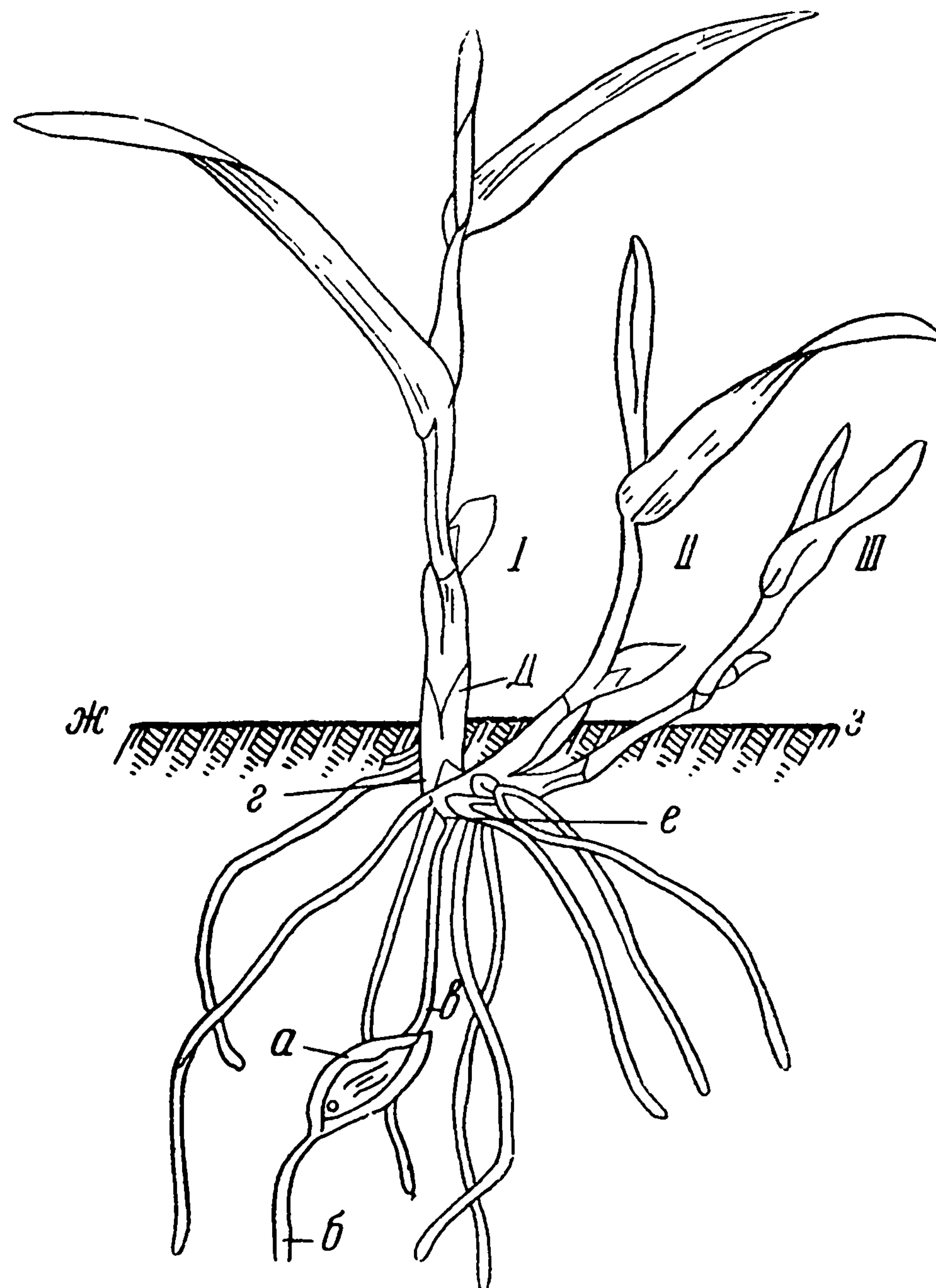



Рис. 3. Схема куста рыхлокустового злака:

*I*, *II* и *III* — побеги первого, второго и третьего порядков; *а* — остатки плода; *б* — главный корень (первичный); *в* — первое междоузлие; *г* — узел кущения; *д* — зародышевое листовое влагалище (первичный листок); *е* — первичное листовое влагалище побегов; *ж*, *з* — поверхность почвы.

у немногих злаков, например, у бамбука и у ползучей разновидности белой полевицы.

Кущение злаков состоит в том, что из почки первого узла начинает развиваться новый стебель — побег, и из его основа-

ния вырастают один или несколько новых корней, более или менее сильно ветвящихся. Вновь развившийся стебель на большем или меньшем расстоянии от главного стебля образует свой узел кущения, который развивается в том же порядке и последовательности, как и первый узел кущения (рис. 3). После образования корней из узла кущения все корни, образовавшиеся раньше во время прорастания злака, отмирают.

## ОДНОЛЕТНИЕ И МНОГОЛЕТНИЕ ЗЛАКИ

В зависимости от дальнейшего развития побегов различают *однолетние и многолетние* злаки.

У однолетних злаков побегопроизводительная способность, или способность *куститься*, ограничена; все побеги продолжают дальнейшее развитие почти одновременно, образуя в порядке последовательности второе, третье и т. д. междоузлия и соответствующие узлы, затем соцветия, и доводят плоды до созревания, после чего они вместе с корнями отмирают.

Все развитие однолетних злаков — от прорастания до созревания новых плодов — завершается в срок менее одного года. У озимых однолетных злаков период прорастания всегда заканчиваеться осенью в год посева, период же кущения может или завершиться в течение той же осени, или сосредоточиться на следующую весну, или может растянуться на осень и весну, но все их развитие продолжается всегда меньше одного года.

У многолетних злаков в год посева образуют *плодущие* стебли только те побеги, которые развились непосредственно из семени и образовали первый узел кущения. Побеги же, развившиеся из этого первого узла кущения, и дальнейшие, развившиеся в последовательности поколений, не образуют в год начала своего развития плодущих стеблей, а остаются в виде *вегетативных* побегов.

Все количество органического вещества, вырабатываемого листьями побегов во время их пребывания в вегетативном

состоянии, откладывается в виде запасного материала в подземных частях побегов и служит для питания плодущих побегов, в которые они разовьются на будущий год. Листья же при наступлении зимних морозов погибают и только у очень немногих многолетних злаков сохраняют свои кормовые качества в течение всей зимы; к таким злакам принадлежит *типец*, или *типчак*, юго-восточных степей нашего Союза, и на этом его свойстве основана возможность зимней пастьбы скота.

Одновременно с зацветанием плодущих стеблей из узлов кущения перезимовавших побегов развиваются новые побеги, образующие новые узлы кущения с новыми корнями и новыми побегами, как и в предшествовавшем году, и остающиеся в год своего образования в состоянии вегетативных побегов. Побеги же, образовавшие плодущие стебли у луговых злаков, отмирают со всей своей корневой системой при наступлении зимы.

Таким образом, каждый побег многолетнего злака живет только один год, но, в отличие от однолетних злаков, «многолетние» размножаются не только семенами, но одновременно и зимующими подземными побегами, что и создает впечатление многолетнего растения.

Кроме только что указанной разницы, нужно отметить еще одно отличие однолетних злаков от многолетних. *Однолетние злаки отмирают летом, а многолетние луговые — с наступлением зимы.* На первый взгляд может показаться, что это различие не представляет большой важности. Но на деле оно вызывает очень важные последствия.

Мертвая масса органического вещества пожнивных остатков однолетних злаков остается в почве летом. В это время в почве находится наименьшее количество воды и, следовательно, наибольшее количество воздуха. Поэтому мертвое органическое вещество, оставленное однолетними злаками, подвергается разложению бактериями, живущими при доступе кислорода воздуха. *Разложение органического вещества* этими бактериями *совершается быстро*, и все вещества, входившие в состав ра-

стительных остатков, выделяются в форме простых минеральных соединений, годных для усвоения растениями в качестве пищи. В результате однолетние злаки, как и все однолетние растения, не могут быть причиной накопления в почве органического вещества.

В совершенно иных условиях окажется масса мертвого органического вещества, отложившаяся в начале зимы после отмирания плодущих стеблей многолетних злаков со всеми их корнями. Ясно, что в течение зимы никакому разложению они подвергнуться не могут. Весной в почве содержится наибольшее возможное количество воды. К осеннему количеству воды, которая вполне усваивается почвой, присоединяется еще то количество, которое неизбежно в течение всей зимы перегоняется в виде водяного пара из нижних незамерзших слоев почвы в верхний замерзший и в нем беспрерывно сгущается в лед. Поэтому весной все промежутки непаханной под многолетними травами почвы окажутся заполненными водой; воздуха, а следовательно, и кислорода в ней нет. Поэтому разложение растительных остатков в такой почве должно совершаться весной под влиянием бактерий, живущих в отсутствие свободного кислорода. Такие бактерии разрушают органическое вещество очень медленно, и скоро разложение его совсем прекращается вследствие накопления вредных для бактерий продуктов их жизнедеятельности. По мере испарения воды из почвы на место испарившейся воды в почву станет проникать воздух. Но в непаханной почве, содержащей в верхнем слое очень много мертвых растительных остатков многолетних злаков, проникший воздух немедленно возбудит жизнь бактерий, живущих при доступе воздуха, и они будут поглощать для окисления органических остатков весь кислород проникающего воздуха. Поэтому и летом в массе почвы будет отсутствовать кислород, и органическое вещество в ней разлагаться не будет. С наступлением зимы в почве опять отомрут все подземные части плодущих стеблей многолетних злаков, и на следующий год

повторятся те же условия, как и в предыдущем году, но в более сгущенном виде, так как увеличенное количество растительных остатков почвы вызовет усиленное поглощение кислорода с поверхности почвы. В конечном результате в почве под многолетними злаками происходит усиливающееся с каждым годом *накопление* мертвого органического вещества.

Известно, что чем больше накопляется в почве растительных остатков, тем богаче становится она пищей растений. Однако растение может питаться только простыми минеральными веществами. Поэтому если пища растений будет накопляться в почве в виде мертвого органического вещества, то растения будут страдать от недостатка усвояемой пищи, несмотря на богатый запас элементов пищи в почве. Таким образом, пища находится в почве, но огромный запас ее лежит «мертвым капиталом».

По мере накопления в почве растительных остатков промежутки между комками почвы будут все плотнее забиваться ими, и проникновение воды в почву становится все труднее. Поэтому, если луг расположен на высоком месте, проникновение дождевой и снеговой воды будет затруднено, такой луг будет страдать от засухи, и урожай травы на нем сильно понизится. Если луг лежит в низине, то стекающая по уклону почвенная вода встретит в почве луга большое сопротивление своему движению. Ток почвенной воды в этом случае направится по пути наименьшего сопротивления, т. е. выступит на поверхность луга и по ней будет непрерывно стекать. При этих условиях доступ воздуха в почву луга будет совершенно отрезан, и аэробное разложение растительных остатков совсем прекратится.

Развитие тех многолетних злаков, которые нами были разобраны, будет встречать все худшие условия. У этих многолетних злаков узлы кущения образуются под поверхностью почвы. При их кущении новые побеги могут некоторое время развиваться под поверхностью почвы, образуя иногда несколько подземных междоузлий и узлов, и только на большом расстоянии от начального узла кущения подземный стебель круто за-

гибается вверх и выходит на поверхность почвы, образуя в поднимающейся части новый узел кущения. Из нового узла кущения развивается новый подземный стебель. Из узлов подземного стебля развиваются листовые влагалища, закрывающие растущие вставочным ростом основания междоузлий. Листовая

Рис. 4. Схема распределения корневищ и корней корневищевого злака (пырей):

*I*, *II*, *III* и *IV* — побеги первого, второго, третьего и четвертого порядков; *а* — остатки плода; *б* — первичный корень (главный); *в* — первое междоузлие; *г* — второе (подземное) междоузлие; *д* — придаточные корни; *е* — первичные листовые влагалища побегов; *1* — первый узел главного побега; *2* — второй узел главного побега; *ж*, *з* — уровень почвы.

пластинка на подземных стеблях развивается только в виде короткой чешуйки. Из пазух подземных листовых влагалищ развиваются только пучки корней. Такие подземные стебли называются *корневищами*, а многолетние злаки с такими подземными стеблями называются *корневищевыми злаками* (рис. 4). Примером корневищевого злака может служить пырей.

У других злаков, образующих узел кущения под поверхностью почвы, подземный стебель быстро выходит на поверхность почвы на недалеком расстоянии от узла кущения, из

которого он образовался. Под поверхностью почвы новый стебель развивает только одно междоузлие с одним узлом, после образования которого стебель выходит на поверхность почвы, давая зеленый побег. Единственный подземный узел таких побегов представляет их узел кущения, из которого развивается новый побег со своим новым узлом кущения, и так продолжается во все теплое время в течение всей жизни злака. Из каждого узла кущения развивается свой самостоятельный пучок корней. Таким образом у этих злаков развивается *рыхлый* куст, и они называются *рыхлокустовыми злаками* (рис. 3). Примером такого злака может служить тимофеевка.

Как у корневищевых, так и у рыхлокустовых злаков под поверхностью почвы расположены такие части, в которых беспрерывно происходит образование новых клеточек. Это — узлы кущения, в которых беспрерывно происходит развитие новых побегов, и основания междоузлий, где происходит вставочный рост, удлиняющий подземные побеги. Развитие новых клеточек требует обязательной наличности трех условий — тепла, влажности и кислорода.

По мере накопления в почве луга мертвых растительных остатков влажность почвы усиливается, так как органическое вещество очень влагоемко. Но вместе с увеличением влажности усиливается испарение воды с поверхности почвы, а это понижает температуру почвы. Одновременно накопляющееся органическое вещество, разлагаясь под влиянием аэробных бактерий, поглощает весь кислород и не допускает его до узлов кущения и оснований междоузлий. Вместе с этим в почве все элементы пищи растений остаются в виде неусвояемого органического вещества.

Очевидно, что *корневищевые и рыхлокустовые злаки*, как оказавшиеся не приспособленными к изменившимся условиям их существования, *должны постепенно вымереть* и уступить место растениям, более приспособленным к изменившимся условиям жизни.

Такими злаками, которые лучше приспособлены к изменившимся условиям луга, будут те, у которых узел кущения развивается *выше* поверхности почвы. Но узел кущения, кроме обильного притока кислорода, требует еще и условий постоянной влажности, так как новые клеточки не могут развиваться в сухом воздухе. Злаки с узлом кущения, развивающимся выше поверхности почвы, приспособились к защите своих узлов кущения от высыхания тем, что их новые побеги развиваются, плотно прижавшись к старым побегам, и таким образом образуют очень *плотный* куст; в нем вода дождей и росы долго задерживается и, испаряясь, поддерживает влажность воздуха, окружающего узлы кущения. Такие злаки называются *плотнокустовыми* (рис. 5). Эти злаки образуют на поверхности луга плотные *кочки*, как, например, щучка.

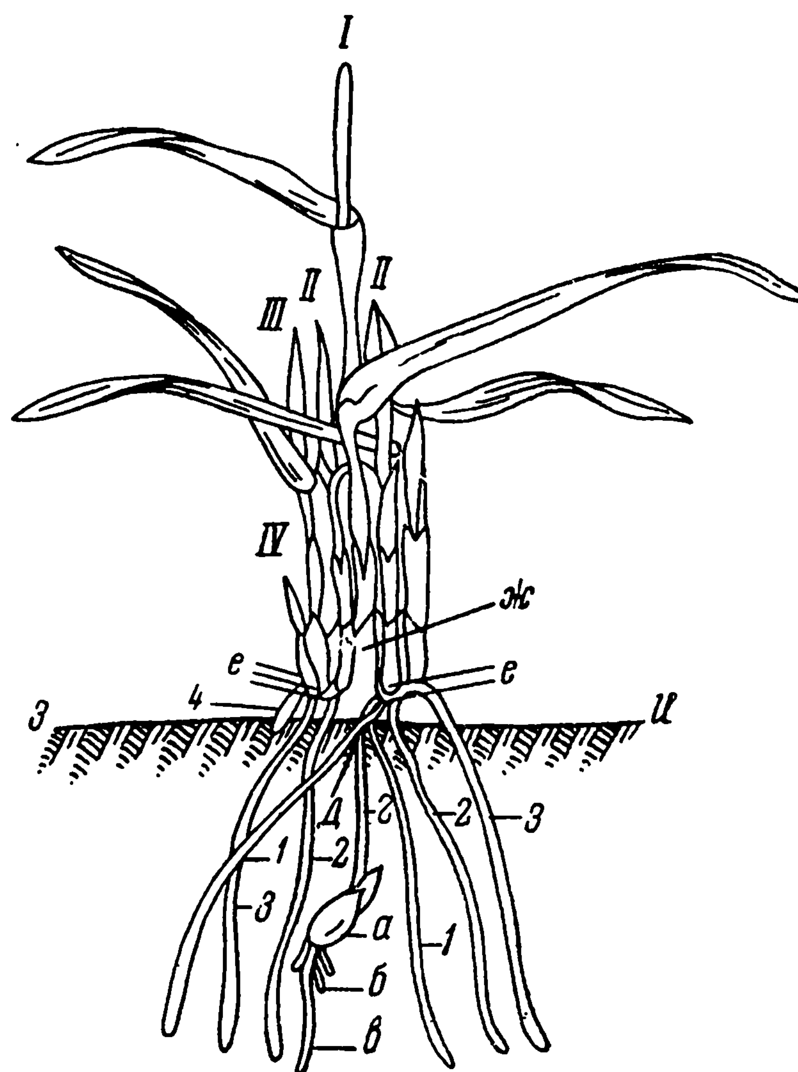



Рис. 5. Схема куста плотнокустового злака:

*а* — остаток плода; *б* — ветвистое корневое влагалище; *в* — главный корень; *г*—первое междоузлие; *д*— узел кущения; *е* — первичные листовые влагалища побегов; *ж*— зародышевое листовое влагалище; *I*, *II*, *III*, *IV* — побеги соответствующих порядков; *1*, *2*, *3*, *4*—придаточные корни соответствующих побегов; *з*, *и* —уровень почвы.

Чтобы обеспечить себе возможность питания в почве, в которой вся пища находится в неусвояемой форме органических остатков, плотнокустовые злаки принуждены были выработать и особый способ питания.

Органическое вещество может быть расщеплено на простые

минеральные вещества, годные для питания зеленых растений, только низшими незелеными растениями, живущими при доступе кислорода. Такими микроорганизмами могут быть грибы и аэробные бактерии. Плотнокустовые злаки приспособились к использованию этой способности незеленых растений путем *сожительства* с низшими, микроскопически малыми грибами.

Сожительством (симбиозом) называется такое совместное существование двух живых существ, когда *оба* существа или организма извлекают из него обоюдную пользу. Если пользу от совместного существования извлекает только один организм в *очевидный* ущерб другому, налицо *паразитизм*.

Грибу нужен кислород. Почва луга при рассматриваемых условиях представляет бескислородную среду, в которой гриб самостоятельно развиваться не может. У плотнокустовых злаков сильно развита *газопроводящая*, или вентиляционная, ткань, состоящая из сети каналов, начинающихся в листовых пластинках, проходящая через листовые влагалища, междоузлия и узлы во всю длину корней злаков. В клеточках листьев и зеленых стеблей злаков зеленые рабочие части клеточек на свету расщепляют углекислоту воздуха и из ее углерода образуют крахмал. Освобождающийся при этом из углекислоты кислород проникает в газопроводную ткань (аэренхиму) плотнокустовых злаков и доходит до конца корней. Этим путем доставляется нужный для дыхания корней кислород, и они могут развиваться в бескислородной почве. Тем же кислородом пользуются и грибы, массами развивающиеся между клеточками корня и выпускающие нити своей *грибницы* в органическое вещество луговой почвы, окружающее корни.

Усиленное поглощение кислорода грибами вызывает и усиленный приток его из листьев. Грибы, живущие на корнях плотнокустовых злаков, разрушая органические остатки почвы, сами питаются получающимися простыми минеральными веществами и оставляют достаточное количество их для усвоения корнями плотнокустовых злаков.

Совершенно ясно, что питание плотнокустовых злаков не может совершаться так же легко, как питание корневищевых и рыхлокустовых злаков. Оно проходит медленный обходный путь; сначала злак должен доставить в почву кислород, и только тогда грибы могут разрушить растительные остатки почвы. Но злак может в изобилии доставлять кислород только днем, когда на свету происходит разложение угольной кислоты.

Ночью же доставка кислорода сокращается (проникает только кислород атмосферы) и, следовательно, замедляется и деятельность грибов на корнях злаков.

Кроме того, во время господства корневищевых и рыхлокустовых злаков, когда кислород воздуха непосредственно проникал в почву, разложение растительных остатков производилось бактериями, разрушавшими азотсодержащее органическое вещество на простые минеральные вещества, содержащие азот и могущие служить пищей злакам. Когда же на лугу наступает господство плотнокустовых злаков, органическое вещество почвы разлагается грибами, которые, разрушая азотсодержащее органическое вещество,выделяют из него не усвоенный грибами азот в виде свободного газа.

Свободный азот не усваивается злаками. Он может непосредственно питать только некоторых бактерий, в том числе и тех, которые живут в сожительстве с бобовыми растениями, образуя на их корнях клубеньки, наполненные бактериями, усваивающими свободный азот и переводящими его в форму органических соединений, из которых часть усваивается и бобовыми растениями. Поэтому на плотнокустовом лугу появляются бобовые растения, чаще других луговая чина. Остатки бобовых на поверхности луга разрушаются бактериями, и образующиеся простые минеральные соединения азота служат азотной пищей плотнокустовых злаков.

Вследствие такой сложности и трудности питания, которые испытывают плотнокустовые злаки, урожай создаваемой ими

зеленой массы гораздо меньше, чем у корневищевых и рыхлокустовых злаков.

Плотнокустовые злаки развиваются медленно и постепенно сменяют корневищевые и рыхлокустовые злаки, и обыкновенно полному господству плотнокустовых злаков предшествует еще одно состояние луга.

Когда в почве луга накопляется такое большое количество растительных остатков, что дальнейшее развитие узлов кущения и побегов под поверхностью почвы станет невозможным, а плотнокустовые злаки еще не заняли всей поверхности луга, появляются и быстро захватывают все свободное пространство луга *зеленые мхи*.

Мхи отличаются от высших зеленых растений, кроме способа размножения, еще и тем, что у них совсем отсутствует корневая система. У высших растений рабочая зеленая поверхность поглощает только свет, тепло и угольную кислоту. Все другие простые вещества — минеральную и азотную пищу и воду — поглощает корневая система. Поэтому высшим зеленым растениям нужна сосудистая система, доставляющая к рабочей поверхности воду и минеральные вещества и разносящая синтезированное рабочей поверхностью органическое вещество по всем растущим частям растения.

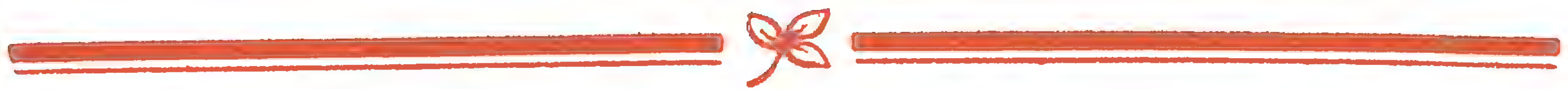
У мхов рабочая зеленая поверхность совмещается с поверхностью, всасывающей воду и минеральную пищу. Поэтому для мхов становится ненужною ни корневая система, ни система сосудистая, которые у них и отсутствуют. В отличие от высших сосудистых растений, мхи принадлежат к *бессосудистым* растениям.

В то время, когда злаки, образующие узел кущения под поверхностью почвы, начинают постепенно отмирать, на поверхности почвы происходит процесс разложения растительных остатков бактериями, живущими при доступе кислорода. На поверхности почвы образуется большое количество простых минеральных веществ и минеральных соединений азота. Од-

нако отмирающие корневищевые и рыхлокустовые злаки не могут воспользоваться этим изобилием усвояемой пищи, потому что они не в состоянии развить новых побегов в почве, лишенной доступа кислорода. Вместе с тем и вода с трудом и медленно проникает в почву, переполненную органическими остатками, и не может доставить пищу к корням этих злаков.

Создавшиеся условия не могут быть использованы отмирающими корневищами и рыхлокустовыми злаками и в совершенстве отвечают требованиям зеленых мхов, которые и развиваются обильным ковром. Создается неверное впечатление, что зеленые мхи вытесняют злаки, и отсюда утвердилось господствующее мнение о вреде, наносимом зелеными мхами лугам. На самом же деле *присутствие зеленых мхов на лугу* (с этой точки зрения) *надо признать полезным.* Они переводят в органическое вещество все образующиеся на поверхности вырождающегося луга вещества минеральной пищи растений, превращая их из состояния веществ, легко растворимых в воде, в состояние органического вещества, совершенно нерастворимого в воде. Без вмешательства зеленых мхов все образующиеся на поверхности луга вещества были бы смыты дождевыми и снеговыми водами.

Таковы теоретические выводы, которые нужно иметь в виду при обсуждении приемов и систем культуры зеленой кормовой площади.



*ГЛАВА ВТОРАЯ*

# ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ОСНОВЫ КУЛЬТУРЫ ЗЕЛЕНОЙ КОРМОВОЙ ПЛОЩАДИ

## ВИДЫ КОРМОВОЙ ПЛОЩАДИ

Зеленая кормовая площадь может распределяться по всем трем типам хозяйственных угодий — по лесам, полям и лугам.

Луга и пастбища в *лесных массивах государственного значения* настолько тесно связаны с вопросами лесопользования и лесовозобновления, что представляют специально хозяйственный вопрос, и поэтому мы их касаться не будем и ограничимся лишь коротким обсуждением с этой стороны *лесов местного значения*.

Роль лесов местного значения в сельскохозяйственном производстве чрезвычайно велика. Они представляют главный способ воздействия на перераспределение природной неравномерности влажности по территории района. Вследствие особенностей мертвого почвенного покрова леса, влияния деревьев на ход оттаивания почвы и полога леса на быстроту схода снегового покрова все *годовое* количество атмосферной воды, достигающей поверхности почвы леса, проникает в мертвый покров почвы леса и из него медленным током почвенной воды стекает на склоны. Ток этот настолько замедлен, что он не прекращается от дождя до дождя и таким образом обращается в *беспрерывный* поток почвенной воды, стекающей к полям, распо-

ложенным по склонам. Лес представляет лучший природный *регулятор влажности полей.*

Очевидно, что для проявления своей роли лес местного значения должен занимать водоразделы. Если водоразделы обезлесены, то атмосферные осадки скатываются по поверхности почвы. Вода эта сносит с собой и пахотный слой, размывает овраги, облагает снесенный песок в реках, вызывает огромные весенние разливы рек и летние паводки. После того как спадет разлив, уровень рек сильно понижается вследствие ничтожного притока скудных почвенных вод в течение лета, и нанесенный ток образует мели и перекаты. *Леса местного значения имеют* и важное государственное значение. Они — *регуляторы водного хозяйства всей страны.*

Вместе с тем водораздельные леса своими глубокими *многолетними* корнями извлекают элементы пищи из очень глубоких слоев рухляка.

Усвоенная пища идет на образование листьев и побегов, которые ежегодно опадают на поверхность почвы и разлагаются при доступе воздуха. Получающиеся простые минеральные соединения растворяются в воде и ею приносятся на склоны.

Возделывание травянистых растений с неглубокими корнями на водоразделах без коренных улучшений (мелиораций) не может дать высоких урожаев вследствие необеспеченности этих растений водой и пищей, быстро стекающих на склоны, и труд, затраченный на возделывание травянистых растений на водоразделах, всегда отличается наименьшей производительностью.

Наоборот, лесное или плодовое насаждение (деревянистый массив), создающее условия обильного водоснабжения и извлекающее пищу из глубин, недоступных корням травянистых растений, представляет очевидную форму производительного труда на водораздельных пространствах.

Под пологом леса вследствие обеспеченности почвы водою и обильного притока пищи благодаря разложению опадающих

листьев, хвои и побегов развиваются превосходные пастбища. Ценность лесных пастбищ особенно велика благодаря изобилию на них бобовых растений, богатых азотом. Присутствие бобовых определяется тем, что мертвые листья и побеги деревянистых растений содержат много дубильных веществ, исключающих возможность их разложения бактериями и поэтому разрушаемых только грибами. Грибы обращают азот органического вещества, ими разрушаемого, в форму свободного азота.

Поэтому питание всех травянистых растений азотом может осуществляться только в присутствии бобовых растений, способных усваивать свободный азот благодаря сожительству с азотусвояющими бактериями.

Но понятно, что использование лесных пастбищ связано с истреблением молодого подроста леса, и в этом случае при правильном лесном хозяйстве необходимо применять искусственное лесовозобновление. Это мероприятие обходится очень дорого и в значительной степени снижает производительность труда, применяемого при использовании лесов местного значения. Поэтому теперь общепризнанной является система лесопользования в виде так называемого беспрерывного леса, исключающая пастьбу и искусственное лесовозобновление и обеспечивающая наибольшую производительность труда, особенно в лесах местного значения.

Таким образом, участие лесных пастбищ в обеспечении крупного коллективного хозяйства зеленой кормовой площадью крайне сомнительно.

В полях зеленая кормовая площадь может быть представлена в разнообразных формах. Таковыми могут быть многолетние травяные поля, разведение однолетних кормовых растений, пастьба по паровым полям, пастьба по жнивью, пастьба по озими.

Пастьба по озимым хлебам представляет всегда результат какой-либо ошибки при культуре озимых хлебов. Она вынуждается слишком густым развитием побегов озимых хлебов, кустящихся преимущественно осенью, чаще всего озимой ржи.

Такое изобильное развитие побегов может получиться вследствие слишком густого посева, не согласованного или с качеством семян, или со временем посева, или с содержанием в почве пищи растений. Совершенно ясно, что такие элементарные ошибки, возможные в единоличном хозяйстве, совершенно недопустимы в крупном коллективном хозяйстве, в котором правильность приемов агротехники должна быть обеспечена наличностью персонала соответствующей квалификации. Поэтому пастьба по озимым не может ни в какой мере служить хотя бы частичной основой организации зеленой кормовой площади.

Пастьба по жнивью представляет результат острого недостатка зеленых кормов — неизбежного следствия господства паровой системы земледелия при дореволюционной системе единоличного хозяйства. Так как паровая система земледелия не в состоянии поднять урожайность культурных растений выше стихийного среднего минимума, то для получения необходимого количества продовольственных хлебов приходилось в связи с ростом численности населения распахивать все новые площади с целью расширения посевной площади. Эта распашка производилась за счет природной кормовой площади и, очевидно, начиная с лучших участков, наиболее пригодных для культуры продовольственных хлебов.

Понятно, что этот процесс возрастающей распашки неминуемо должен был привести к понижению средней урожайности продовольственных хлебов, занимавших все менее отвечающие их требованиям угодия. Рядом с этим, в строгом соответствии с увеличением распашки, уменьшалось и количественное производство зеленого корма, как сена, так и пастбища, и ухудшалось качество корма, так как не распахивались только худшие кормовые угодия с избыточной влажностью. Наконец, под влиянием вынужденной неумеренной пастьбы и эти худшие кормовые угодия вытаптывались до полной непроизводительности.

Тогда пастьба переносилась на паровые поля и на жнивье, где скот получал скудное зеленое питание в ущерб урожаям продовольственных хлебов. Почва полей утаптывалась и не могла быть очищена от сорных трав.

Очевидно, что такой порядок использования производительных сил земли ни в какой мере не терпим при плановой организации крупного коллективного хозяйства. Жнивье должно быть немедленно по уборке урожая взлущено, чтобы дать возможность почве запасти все количество осенней дождевой воды и заставить прорасти возможно большее количество семян сорняков, которые уничтожаются последующей осенней глубокой вспашкой. Вместе с тем лущение жнивья уничтожает все яйца, личинки и куколки вредных насекомых, зимующих на жнивье или в поверхностных слоях почвы.

Таким образом, *значение жнивья как части зеленой кормовой площади в культурном хозяйстве совершенно упраздняется*, и одновременно упраздняется лущением жнивья и пастбищное значение парового поля.

*Остаются* как источник зеленой сухой и свежей кормовой массы *посевы многолетних и однолетних кормовых трав на полях*. Значение тех и других совершенно различно.

## ПОТРЕБНОСТЬ ПОЧВЫ В ПЕРЕГНОЕ

Цель возделывания смеси многолетних трав на полях — восстановление *прочности* комковатой структуры полевой почвы, т. е. способности ее комков не расплываться в воде. Почва расплывшаяся, бесструктурная неспособна сделать большого запаса воды, так как 70% всего количества *дождевой* воды стекает по ее поверхности и той же участи подвергаются все 100% снеговой воды. В течение всей зимы верхние слои замерзшей почвы беспрерывно сгущают и обращают в лед пары воды, также непрерывно испаряемой глубокими незамерзающими слоями подпочвы. Когда весной почва оттаивает, все

промежутки между ее частицами заполнены водой, и больше воды в них поместиться не может. Поэтому все количество снеговой воды стекает по ее поверхности.

Сделанный бесструктурной почвой запас воды быстро испаряется только потому, что в такой почве все количество воды, как по фитилю, поднимается наверх к испаряющей поверхности. Поэтому благоприятная влажность бесструктурной почвы зависит только от частоты выпадения дождей. Урожай на такой почве из года в год колеблется очень сильно под влиянием стихийной причины — частоты выпадения дождей, изменение которой не зависит от нас, поэтому и высота урожая на бесструктурной почве находится вне нашего контроля. При этом падение урожая на бесструктурной почве может достигнуть при дождливом лете полного неурожая, и мы должны с этим мириться как со стихийным явлением.

Средняя высота урожайности на такой почве также не может быть высока. Когда в почве много воды, в ней мало воздуха, и органические остатки в ней разлагаются медленно, растению нехватает пищи, и оно не может использовать благоприятной влажности. Когда в почве мало воды, разложение органических остатков совершается быстро. Но растение не может воспользоваться богатой пищей потому, что для усиленной работы ему нехватает воды. Поэтому средняя урожайность на бесструктурной почве невысока и для зерновых хлебов колеблется около 6—8 ц на гектар.

В почву структурную, в которой все частицы сцементированы в комки крупностью от 2 до 10 мм, вода в количестве 100% всей суммы *годовых* осадков проникает потому, что зимой широкие промежутки между комками не заполняются льдом. Проникшая вода всасывается комками и бесструктурной подпочвой, а не всосавшаяся в комки вода *медленно* стекает вниз по склону в массе почвы, которая своим сопротивлением сильно уменьшает скорость стекания воды.

Всосавшаяся в комки вода испаряется только из верхних

одного-двух слоев комков, но из нижних слоев комков вода не может проникнуть в верхний слой сухих комков потому, что промежутки между рыхло лежащими комками гораздо шире, чем промежутки между частицами почвы в комке, а из узких промежутков нижних влажных комков вода не может проникнуть в широкие промежутки между комками. Поэто́му весь запас воды комковатой почвы, который за вычетом воды, испарившейся из верхних слоев комков, равен около 85% всего количества годовых осадков, находится исключительно в распоряжении растений. В то время как весь запас воды структурной комковатой почвы находится в комках, между комками свободно проникает воздух, и в структурной почве всегда идет аэробное разложение органических остатков.

Поэтому средняя урожайность структурных почв высока и ежегодные колебания урожаев невелики. Средняя урожайность наиболее передовых в сельскохозяйственном отношении стран Западной Европы колеблется около 40 ц на гектар, и последние шесть лет в Бельгии официально регистрируется несколько крупных хозяйств со средней полевой урожайностью яровой пшеницы в 80 ц на гектар*.

Преимущества структурной почвы очевидны и особенно выступают, если прибавить, что вспашка структурной почвы требует применения усилия в 5—7 раз меньшего, чем вспашка бесструктурной почвы.

Очевидно, что особенно важное значение в сельскохозяйственном производстве приобретает прочность структуры почвы, или способность ее комков не расплываться в воде.

---

* После второй мировой войны урожаи в странах Западной Европы значительно снизились и до сих пор еще не достигли довоенного уровня. В СССР, наоборот, наблюдается весьма быстрый подъем сельского хозяйства, сопровождающийся значительным ростом урожаев. Передовики сельского хозяйства ряда областей и краев по своим показателям урожайности оставили позади указанные акад. В. Р. Вильямсом хозяйства Западной Европы. — *Ред.*

Прочность комков обусловливается нерастворимостью в воде того цемента, который склеивает частицы почвы в комки. Этот цемент — перегной, органическое вещество, выделяемое анаэробными бактериями при разрушении растительных остатков в почве.

Перегной состоит из чрезвычайно мелких, нерастворимых в воде частиц, которые могут быть обнаружены только при помощи так называемого ультрамикроскопа. Мельчайшие частицы перегноя обладают способностью сгущать на своей поверхности многие вещества, растворенные в воде. Эта способность называется поглощением. И поглощенное перегноем вещество не может быть отмыто от перегноя чистой водой, но оно может быть вытеснено другим растворенным в воде веществом, которое перегной поглощает вместо вытесненного, переходящего в раствор на место поглощенного.

При вытеснении одного поглощенного вещества другим могут изменяться отношения к воде и самого нерастворимого в воде перегноя. Когда, например, частицы перегноя удерживают на своей поверхности в поглощенном состоянии аммоний, они приобретают способность рассеиваться в воде, образуя так называемый ложный, или коллоидальный, раствор, и окрашивают воду в темный цвет.

Если такой перегной содержится в почве, то он способен склеивать частицы сухой почвы в крепкие (связные) комки и глыбки, которые иногда трудно раздавить пальцами. Но стоит такой комок смочить водой, как он тотчас расплывается в кашицеобразную массу. Такой комок обладает связностью — сопротивляется раздавливанию, но он непрочен — расплывается в воде.

Если к перегною, содержащему поглощенный аммоний, прилить раствор соли кальция, то кальций вытеснит аммоний в раствор и поглотится вместо него перегноем. Такой перегной, содержащий кальций в поглощенном состоянии, уже не обладает способностью рассеиваться в воде; он оседает на дно сосуда

в виде слизистого осадка, и вода над осадком становится бесцветной. Когда такой содержащий поглощенный кальций перегной склеивает частицы почвы в комки, то комки не только обладают связностью — сопротивляются раздавливанию, но они и не расплываются в воде — они прочны.

Под влиянием сельскохозяйственной культуры структурная почва неизбежно лишается как своей структуры, так и прочности.

Мы не можем возделывать растения без того, чтобы попутно не раздавливать комков почвы. Мы принуждены ходить, ездить по поверхности полей, возить тяжести. При самой обработке, которая производится для придания почве комковатой структуры, почва растирается лемехом, ножом и отвалом плуга.

Для того чтобы почва могла сделать запас воды, дождевая вода должна проникнуть в массу почвы через ее поверхность. Вода дождей и снеговая вода всегда содержит в растворенном состоянии соли аммония, которые беспрерывно образуются в воздухе и растворяются всяким дождем и снегом. При проникновении дождевой воды через поверхность почвы аммоний солей, растворенных в атмосферной воде, вытесняет из перегноя поглощенный им кальций и вымывает его в более глубокие слои подпочвы. Перегной, в котором поглощенный кальций вытеснен аммонием, приобретает способность рассеиваться в воде; комки, склеенные таким перегноем, теряют свою прочность и расплываются в воде.

Наконец, для того, чтобы культурные растения могли питаться, мы рыхлим почву, чтобы в нее мог проникать воздух, в присутствии которого аэробные бактерии разрушают органическое вещество растительных остатков. Но перегной — тоже органическое вещество, и бактерии разрушают также и перегной, уничтожая самую причину прочности почвы.

Поэтому одной из главнейших забот земледелия является забота о восстановлении в почве перегноя, или о восстановлении прочности почвы.

Система мероприятий, стремящаяся восстановить прочность почвы, носит название системы восстановления условий плодородия почвы, потому что от прочности комков зависит способность почвы сделать большой и прочный запас воды и одновременно обеспечить быстрое разложение растительных остатков, от которых зависит питание растений, или, другими словами. *уничтожить антагонизм между водой и пищей растений в почве*. Система восстановления условий плодородия почвы иначе называется *системой земледелия*.

Прежде предполагали, что прочность структуры почвы можно восстановить путем внесения в почву парового поля навоза. Но навоз мы вносим в почву путем запашки. Обработка же почвы имеет задачей разрыхление почвы, обращение ее в структурное состояние. Цель обработки — не только облегчить проникновение в почву воды, но и воздуха, необходимого для быстрого и полного разложения органического вещества растительных остатков и для обращения содержащихся в них минеральных веществ в формы легкоусвояемой пищи растений.

Навоз представляет также растительные остатки, уже разложившиеся в кишечном канале животных и продолжающие разлагаться во время хранения навоза. Да и вносится навоз как удобрение для того, чтобы увеличить содержание пищи растений в почве. Навоз запахивается в почву или летом, или в начале осени, в то время, когда в почве содержится наименьшее количество воды; и если пожнивные остатки однолетних растений быстро и полно разлагаются в течение той же осени, то нет никаких причин, чтобы и навоз не разлагался так же.

Если бы при разложении навоза и образовался перегной, то он не мог бы обладать прочностью. При разложении навоза при доступе воздуха образуется много аммиака, запах которого всегда ощущается, например, в конюшнях; и поэтому перегной, могущий образоваться из навоза, всегда содержит в поглощенном состоянии аммоний. Поэтому такой перегной

в воде образует ложный раствор — его частицы рассеиваются в воде, и он не может придать прочности почве.

По этой причине для восстановления прочности почвы и применяется *полевое травосеяние*, т. е. в севооборот однолетних культурных растений через определенные промежутки времени вводится посев *смеси многолетних трав*. Высевается всегда смесь двух многолетних трав — одного *многолетнего злака* и одного *многолетнего бобового*. В более *северных* местностях травяное поле засевается смесью *тимофеевки с красным клевером*, в более южных местностях смесь составляется из *житняка и желтой люцерны*.

Такой состав смеси определяется двумя причинами. Многолетний злак обладает сильно ветвящимися в пахотном слое мочковатыми корнями. Его корни разделяют почву пахотного горизонта на комки и после вспашки, разлагаясь в анаэробных условиях, пропитывают каждый оплетенный ими комок перегноем. В то же время многолетнее бобовое своими глубокими корнями усваивает кальций из подпочвы, куда он вымывается дождями. Бобовые всегда содержат большие количества кальция, и когда после вспашки пожнивные остатки многолетних бобовых травяного поля разлагаются, выделяющийся кальций поглощается перегноем, образующимся из корней и побегов многолетнего злака, и почва приобретает прочную комковатую структуру.

Само собой разумеется, что вспашка травяного поля должна быть произведена, по возможности, глубокой осенью. Летняя вспашка поставит все накопленные мертвые остатки многолетних трав в такие же условия, как пожнивные остатки однолетних растений или навоз, и о восстановлении прочности почвы не может быть и речи.

Вторая причина посева смеси многолетних трав заключается в том, что таким образом достигается больший и более равномерный укос травы, и получающаяся кормовая масса обладает лучшим кормовым достоинством. Многолетние злаки дают наи-

больший укос на второй год пользования, тогда как многолетние бобовые дают наибольший урожай в первый год пользования и на третий год в значительной мере отмирают. Вместе с тем бобовые содержат много белковых веществ, повышая этим кормовые качества сена.

Упомянутая разновременность наибольших укосов многолетних злаков и бобовых и быстрое вымирание бобовых определяют особенность урожаев травяных полей. Средняя высота урожаев в два первых года пользования травяными полями колеблется при правильных укосах около 40—50 ц сена на гектар. При этом в сене в первом году преобладает бобовое над злаком, во втором году в сене преобладает злак над бобовыми. На третий год урожай резко снижается до средней величины в 17—18 ц на гектар, причем травяное поле сильно засоряется — сор занимает места выпавших из состава смеси бобовых.

Этими особенностями урожаев травяного поля определяется срок продолжительности его пользования.

Возделывание многолетних трав в полевом севообороте вынуждается необходимостью воссоздания прочности структуры полевых почв. Производство зеленой кормовой массы не может служить прямой целью этой культуры, а является неизбежным ее последствем и может служить лишь частично для уменьшения ущерба, причиняемого изъятием части полевой площади из ее прямого назначения — производства зерновых продовольственных хлебов. С многолетними кормовыми травами на полях мы миримся только потому, что без них не можем поддержать урожайность полей на желаемой высоте и не в состоянии придать ей устойчивости и лишить ее стихийных колебаний.

При правильной культуре лугов мы получаем в среднем с 1 га от 100 до 125 ц сена, т. е. в среднем вдвое большее количество сена, превосходящего своими хозяйственными качествами полевое сено. Это лучшее качество определяется тем, что луговое сено образует при его использовании меньше трухи вследствие меньшего содержания в нем бобовых, листья

которых, т. е. самая ценная в кормовом отношении часть их, легко опадают при уборке и свозке. Кроме того, и стебли злаков лугового сена, как выросшие в более густом травостое, отличаются меньшим содержанием одревесневшей клетчатки.

Совершенно ясно, что труд, затраченный на выращивание кормовой массы на поле, будет, по меньшей мере, вдвое менее производителен, чем в том случае, когда кормовая трава выращивается на лугах. Вследствие приведенных соображений понятно, *что продолжительность пребывания многолетних трав на полях должна быть строго ограничена* тем промежутком времени, который представляет наименьший необходимый срок для того, чтобы многолетние травы могли совершить свое прямое назначение — восстановление прочности полевой почвы. Дальнейшее пребывание их будет непроизводительной затратой труда — того труда, ради поднятия производительности которого мы стремимся повысить урожайность и ради чего мы и вводим полевое травосеяние.

Урожай многолетних трав на полях в среднем по годам пользования изменяется таким образом: в первом году — 50 ц на гектар, во втором — 35 ц, в третьем — 18 ц, в четвертом — 13 ц на гектар. Количество растительных остатков многолетних злаков, накопляющихся в почве и служащих для образования в почве перегноя, очевидно, будет тем больше, чем больше образуют злаки побегов. Это одна из причин, по которой мы стремимся убрать с травяного поля два укоса. Вместо скошенных побегов образуется, по меньшей мере, такое же количество новых, из которых каждый образует новую самостоятельную корневую систему. Очевидно, что по мере падения урожаев травяного поля будет уменьшаться и накопление в почве растительных остатков — источника перегноя.

Причины быстрого падения урожая многолетних трав на полях совершенно ясны. Поля занимают склоны территории хозяйства. На местах расположения полей условия влажности почвы средние между недостаточной обеспеченностью водой

водоразделов — следствием порывистости их водного режима, и избыточной влажностью подошвы склонов и долин — следствием медленности движения здесь почвенной воды. Кормовые же травы возделываются ради своей листовой поверхности, которая у растений наземных всегда совмещается с поверхностью испаряющей. Поэтому при полевой культуре условием, ограничивающим величину урожая, всегда является влажность почвы. Это главная причина ограниченности выбора многолетних трав для полевой культуры. Из огромного разнообразия многолетних злаков и бобовых только четыре растения пользуются широким распространением в полевом травосеянии, это — тимофеевка, житняк, красный клевер и желтая люцерна. Их требования по отношению к воде лишь сравнительно немногим отличаются от требований большинства полевых однолетних растений, но и урожаи их значительно ниже урожаев требовательных к воде луговых злаков.

Поскольку посев многолетних трав в поле имеет целью восстановление прочности структуры почвы, то очевидно, что самая цель их культуры заставляет высевать их в такой момент севооборота, когда прочность почвы достигла наименьшей предельной величины. Но это значит, что структура, которая была придана почве при посеве последнего в севообороте растения, быстро утрачивается. При уборке покровного растения структура почвы неминуемо еще больше разрушается и поверхность поля уплотняется. Так как под покровное растение был произведен посев многолетних трав, то это обстоятельство лишает возможности принять меры к ослаблению неблагоприятного уплотнения почвы. Все эти обстоятельства создают неблагоприятные условия накопления в почве осеннего запаса воды. Весной, когда всходы многолетних трав еще не достаточно окрепли, мы также лишены возможности принять меры против бесполезной потери воды почвою помимо растений.

Только после первого укоса можно принять меры к разрыхлению почвы поля под многолетними травами, и летние дожди

могут быть использованы травой. То же касается и осенних дождей после второго укоса. Но к этому времени в почве уже накопляется значительное количество мертвого органического вещества. Количество органических остатков во время второго года пользования еще более возрастает, и это накопление в почве массы органического вещества и представляет главную причину снижения урожаев многолетних трав на третьем и дальнейших годах пользования.

По указанным причинам *два года пользования* и представляют тот *предельный срок*, во время которого в почве поля накопляется достаточное количество органического вещества, которое может быть использовано для восстановления прочности почвы.

Дальнейшее оставление поля под травой не повышает прочности почвы, и после двух лет значение травяного поля сводится исключительно к пользованию им как кормовым угодием. Такое пользование не только непроизводительно, но и представляет значительную опасность засорения почвы семенами сорняков, которые обыкновенно занимают место выпадающих из травостоя на третий год пользования бобовых.

Поэтому травяное поле может играть лишь роль подсобной кормовой площади; основывать же на нем удовлетворение кормовых нужд хозяйства в размере, сколько-нибудь превышающем нужды восстановления прочности полевой почвы, равносильно значительному снижению производительности труда в растениеводстве.

Двухлетнее пользование травяным полем представляет, повидимому, неизбежную меру в начальной стадии введения травопольной системы земледелия. По миновании же переходного периода *более производительным представляется сокращение лугового периода травопольного севооборота до одного года при двуукосном пользовании полем многолетних трав.*

## ПОСЕВЫ ОДНОЛЕТНИХ ТРАВ КАК КОРМОВАЯ ПЛОЩАДЬ

Если пользование многолетним травяным полем в качестве кормовой площади не может привести к иному результату, как к непроизводительной затрате труда, то создание кормовой площади на полях посредством посева однолетних кормовых растений не может вызывать никаких сомнений относительно своего хозяйственного значения.

Однолетнее растение, совершенно независимо от назначения его культуры, не может накопить в почве органических остатков, не может накопить в почве перегноя и не только требует разрушения органических остатков для своего питания, но и способствует потере почвою прочности ее структуры.

При полевой культуре многолетних трав урожай кормовой массы представляет дополнительную прибавку к тем преимуществам, которые достигаются накоплением перегноя в почве благодаря культуре трав.

При культуре однолетних кормовых трав все преимущества, получаемые культурой многолетних трав, отсутствуют, и остается только один урожай кормовой массы. По качеству кормовая масса однолетних трав всегда стоит ниже кормовой массы многолетних.

Однолетние кормовые не обладают способностью неограниченного кущения и далеко не всегда образуют достаточно обильные побеги, могущие дать второй укос. Поэтому ими пользуются одним укосом, допуская их до цветения. Но с этого времени начинается усиленное передвижение питательных веществ из листьев в завязывающиеся семена. В результате кормовое достоинство зеленых частей сильно понижается, семена же при скармливании сена однолетних трав большей частью осыпаются в труху.

Примесь однолетних бобовых к кормовым однолетним злакам мало помогает. Вследствие большой разницы в толщине листьев и стеблей бобовых и большой хрупкости высохших

листьев они сильно осыпаются при сушке и особенно при кормлении сеном однолетних бобовых.

Корни однолетних бобовых растений не отличаются глубоким развитием и вследствие этого неспособны обогащать пахотный слой кальцием. Поэтому образующийся при разложении корней бобовых аммоний сильно поглощается перегноем почвы и лишает его прочности.

Все перечисленные обстоятельства являются причиной того, что *кормовой площадью в хозяйстве могут быть только луга*, и всякая попытка создать основную, а не подсобную зеленую кормовую площадь на полевых угодиях всегда связана со значительным понижением производительности труда в сельскохозяйственном производстве.



*ГЛАВА ТРЕТЬЯ*

# ПОСТОЯННЫЕ ЛУГА КАК КОРМОВАЯ ПЛОЩАДЬ

Глубоко осознанная сельскохозяйственным производством неизбежность создания зеленой кормовой площади как основы производительного животноводства заставила рассматривать природные луга как угодия, снабжающие хозяйство сеном и пастбищем.

## КАК ИЗМЕНЯЕТСЯ ЛУГОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Существенное свойство многолетней травянистой растительности, составляющей луга, представляет неизбежное накопление в почве луга мертвых растительных остатков и перегноя. Следствием такого накопления является изменение состава луговой растительности — появление разнотравья, зеленых мхов и, наконец, плотнокустовых злаков.

С появлением плотнокустовых злаков условия накопления растительных остатков в почве луга резко изменяются. У злаков рыхлокустовых и корневищевых узлы кущения развиваются под поверхностью почвы. Так как в узлах кущения сосредоточивается наибольшая масса органического вещества, создаваемого многолетними злаками, то ясно, что тот слой почвы, в котором они сосредоточены, является и слоем наибольшего скопления органического вещества в почве.

С появлением плотнокустовых злаков, развивающих свои узлы кущения выше поверхности почвы, начинается накопление мертвых растительных остатков над поверхностью почвы. Этот процесс называется *оторфлением дернины луга*, и мертвое органическое вещество, отлагающееся выше поверхности минеральной почвы, носит название *торфа*. Процесс накопления мертвого растительного вещества в поверхностном слое почвы носит общее название *дернового почвообразовательного процесса*. Он ясно расчленяется на две стадии: *луговую*, когда накопление органического вещества происходит в массе почвы, и *болотную*, когда то же накопление происходит выше поверхности почвы. т. е. когда происходит отложение торфа.

Эти внешние признаки, по которым дерновый период почвообразовательного процесса делится на две стадии, отвечают развитию более глубокого, существенного свойства всего процесса, на котором основано участие луговых угодий в общей системе сельскохозяйственного производства.

Пока происходит на лугу развитие рыхлокустовых злаков и пока в массе почвы еще не накопилось большого количества органического вещества, растения пользуются обильной минеральной и азотной пищей, так как в почве преобладает разложение органического вещества бактериями, живущими при доступе кислорода воздуха, так называемыми *аэробными бактериями*. Кроме того, в почву лугов, расположенных преимущественно в более пониженных элементах рельефа, притекают вместе с почвенной водой элементы пищи растения с вышележащих полей. После уборки полевых растений происходит быстрое разложение их пожнивных остатков, и так как поля в это время обнажены и образовавшаяся растворимая в воде пища растений не может быть использована, то осенние дожди, питающие почвенные воды, приносят вещества пищи растений в почву лугов.

Вследствие своей способности к неограниченному побегообразованию луговые злаки переводят всю притекающую ми-

неральную пищу в органические вещества и предохраняют ее от вымывания. В этом заключается еще одно чрезвычайно важное значение лугов в народном хозяйстве. Вследствие обильного притока минеральной пищи отлагаемое рыхлокустовыми злаками в массе почвы мертвое органическое вещество богато содержанием элементов пищи растений. Это и составляет существенное свойство луговой стадии дернового периода. Происходит накопление мертвых растительных остатков — образование *дернины* — и рядом с этим накопление в почве запаса элементов пищи растений, входящих в состав органического вещества дернины.

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РАЗЛОЖЕНИЯ И ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

Но по мере накопления в дернине органического вещества его разложение в поверхностном слое, соприкасающемся с воздухом, происходящее под влиянием аэробных бактерий, становится настолько сплошным и непрерывным, распространяясь по всей поверхности луга, что оно потребляет весь кислород проникающего воздуха, и в массе почвы создаются условия отсутствия кислорода. В создавшихся условиях в массе почвы могут существовать только бактерии, живущие без доступа воздуха, так называемые *анаэробные* бактерии.

Мы уже видели, что при этих условиях могут питаться лишь плотнокустовые злаки, переносящие процесс отложения мертвого органического вещества на поверхность луга. В процессе корневого питания плотнокустовые злаки зависят от развития на их корнях низших грибов. Грибы разлагают органическое вещество выделяемой ими органической кислотой. Все выделения живых организмов представляют яд по отношению к выделившим их организмам, и если содержание этих выделений в среде, окружающей организм, достигает известной предельной высоты, жизнь организма в такой среде, отравленной его выделениями, становится невозможной.

В рассматриваемой стадии развития луга не создается таких условий, при которых могло бы происходить природное обезвреживание почвы луга от накопляющегося выделения грибов. Вследствие скопления большого количества органического вещества в почве она становится практически непроницаемой для воды, а при разложении органического вещества грибами не образуется таких веществ, которые могли бы обезвредить выделения грибов. Поэтому выделяемое грибами вещество — креновая кислота — не может быть вымыто застойной почвенной водой луга, оно не может улетучиться потому, что не летуче и не может быть усреднено.

В результате создавшихся условий, грибы принуждены покинуть нижние слои почвы и могут развиваться только на самых поверхностных частях корней плотнокустовых злаков, развивающихся в еще не уплотненных слоях недавно отмершего органического вещества.

Очевидно, что все количество пищи растений, оставшейся в покинутых грибами слоях почвы, становится совершенно недоступным для зеленых растений, не могущих самостоятельно разрушить органическое вещество.

Как прямой результат новых условий обособляется существенный признак новой, болотной стадии развития дернового процесса. Ясно, что отлагающееся на поверхности минеральной почвы органическое вещество будет становиться все беднее элементами пищи растений, которые по мере накопления верхних слоев органических остатков и уплотнения под их тяжестью нижних слоев становятся недоступными корням растений.

## ЗАБОЛАЧИВАНИЕ ЛУГА

Обеднение верхних слоев почвы луга минеральной пищей растений повлияет не только на уменьшение урожаев луга, но отразится и на быстроте разложения органического вещества, отлагающегося на его поверхности. Разложение мертвых остатков растений совершается бактериями, и чем скуднее питание

бактерий минеральной пищей, тем медленнее протекает вся их работа, а следовательно, тем быстрее совершается накопление слоев мертвого органического вещества на поверхности луга и тем скорее нарастает слой торфа — луг *заболачивается.*

Это обеднение верхних слоев почвы луга скоро достигает такой значительной степени, что плотнокустовые злаки своими короткими однолетними корнями не в состоянии охватить объем почвы, достаточный для питания растения. Корни этих злаков не могут для питания растения использовать глубокие, богатые минеральной пищей слои почвы, так как в этих слоях не могут развиваться низшие грибы, разрушающие органическое вещество, и поэтому они должны захватить возможно бо́льшую поверхность почвы. Для однолетних корней плотнокустовых злаков это неосуществимо, так как каждый год корни их должны вновь начинать свое развитие из того же центра — куста злака.

С этого времени на поверхности луга начинают появляться и неудержимо разрастаются деревянистые растения с многолетними деревянистыми корнями, которые с каждым годом захватывают все бо́льшую поверхность луга. Сначала появляются кусты ивняка, в дальнейшем присоединяются береза и осина.

С появлением деревянистой растительности на лугу несколько улучшаются и условия питания травянистой растительности. Ежегодно на поверхность луга осыпаются листья и отмирающие побеги деревянистой растительности. Все это органическое вещество богато содержанием дубильных веществ и потому может разлагаться только грибами.

Грибы быстро разрушают отмершее органическое деревянистое вещество, и на поверхности луга появляется новое количество минеральной пищи. Но в массу почвы луга эта минеральная пища проникает очень слабо, так как почва луга, богатая органическим веществом или целиком из него состоящая, переполнена водой, упорно задерживаемой растительными остатками, и к корням плотнокустовых злаков новая пища проникает с трудом.

Поэтому между кустами плотнокустовых злаков появляются новые корневищевые и рыхлокустовые злаки с поверхностной корневой системой — белая, собачья и обыкновенная полевицы, трясунка, душистый колосок. Одновременно появляются и обильное разнотравье, осоки, ситники, бобовые и зеленые мхи.

Одновременность присутствия на бывшем лугу представителей как деревянистых, так и травянистых растений служит признаком господства болотной стадии дернового процесса. При этом деревянистая растительность вследствие скудости минерального питания не образует сомкнутого полога, и растительное сообщество болота всегда состоит одновременно и из деревянистых и из травянистых растений. В таком состоянии начинающегося заболачивания находится подавляющее большинство лугов СССР. И к такому состоянию неизбежно приходит всякий луг, предоставленный самому себе. Это состояние есть неизбежное следствие накопления в почве мертвого органического вещества, а накопление органического вещества есть существенное неотъемлемое свойство многолетних травянистых растений луговой растительной формации.

## УЧЕНИЕ О ЛУГОВОДСТВЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ЛУГА

Понятно, что, находясь под угрозой неизбежного ухудшения качества природных лугов и обусловленного им уменьшения укосов сена, ухудшения его свойств и падения производительности пастбищных угодий, с одной стороны, и учитывая важность зеленой кормовой площади в поднятии производительности труда в сельском хозяйстве — с другой, производство стремилось выработать приемы поддержания производительности лугов на возможно высоком и устойчивом уровне. Совокупность этих мероприятий и вылилась в учение о луговодстве.

Самое первое объяснение причин ухудшения качества природных лугов и уменьшения их урожаев, легшее в основу

выработки приемов *улучшения природных лугов*, было по существу правильным. Ухудшение хозяйственной производительности лугов объясняли слишком большим уплотнением поверхности дернины, мешавшим свободному доступу воздуха в почву луга, в результате чего уменьшалось «выветривание» почвы, а это уменьшение выветривания должно было вызвать уменьшение урожаев сена вследствие недостатка пищи растений.

Мы теперь знаем, что минеральная часть почвы представляет конечный продукт выветривания горных пород на поверхности земли и что к дальнейшему выветриванию она неспособна. В полной мере это особенно касается почв лугов, расположенных преимущественно в низинах, покрытых тонкозернистыми сносами с более высоких элементов рельефа и не содержащих обыкновенно никаких обломков горных пород, способных к выветриванию.

Но в ранние времена развития учения о почве органическим остаткам в почве не придавали никакого значения, и процессы разложения этих остатков не могли интересовать исследователей потому, что они не были еще изучены, и о самих организмах, производящих это разложение, еще ничего не было известно. Поэтому единственное объяснение падения урожаев природных лугов могло быть дано только с точки зрения абсолютного обеднения почвы пищей растений.

Мы теперь знаем, что *причина падения урожая лугов заключается в изменении биологических процессов разложения органических веществ луговой почвы*.

Но, несмотря на неправильность объяснения, причина падения урожаев луга была указана правильно. Этой причиной, без сомнения, является прогрессивное уменьшение проникновения воздуха — и именно его кислорода — в почву луга.

И все приемы луговодства, от самых старых до современных, имеют в основе задачу разрушения неизбежно накопляющегося органического вещества.

Самый старый прием улучшения лугов преследовал цель

пропустить в почву воздух при помощи разрезания непроницаемой для кислорода дернины. Первое орудие для этой цели называлось *возобновителем лугов*. Рабочая часть этого орудия представляла большой, сильный, кривой нож. Кривизна ножа была направлена в сторону его лезвия, и нож оканчивался загнутым вперед острием. Обух ножа с его выпуклой стороны сверху был около 10 см ширины и внизу оканчивался острием. Длина ножа была около 40—50 см при ширине его верхней части около 25—30 см. Такие ножи в числе двух наглухо вделывались в круглый деревянный брус длиной около 1 м. В концах бруса имелось по короткой железной круглой оси, на которых посредством чеки прикреплялись оглобли. Ножи вделывались в брус на расстоянии 50 — 70 см один от другого. В сторону, противоположную запряжке, в брус вделывались две рукоятки с таким расчетом, чтобы ножи возобновителя принимали рабочее положение, когда рукоятки находятся в руках работника, т.е. чтобы верхняя часть лезвия ножа занимала вертикальное положение. Когда рукоятки опускались до земли, ножи принимали горизонтальное положение и ложились на поверхность луга обухами. Работа этим орудием требовала непременно участия двух человек, из которых один водил лошадь, а другой держал рукоятки и приспособлял наклон ножей к постоянно меняющемуся сопротивлению разрезаемой дернины и к силе упряжного животного.

Посредством возобновителя дернина лугов прорезалась глубокими разрезами, проходящими через оторфленную верхнюю часть дернины и проникающими до минеральной почвы.

Применение обработки лугов возобновителем не оправдало возлагавшихся на него надежд. Травостой луга несколько улучшался на небольшую ширину по обе стороны разреза. Самый разрез заполнялся преимущественно корневищевыми злаками — белой полевицей и трясункой, разнотравьем и зелеными мхами. Эти растения быстро заполняли разрезы своими остатками, и через два-три года луг возвращался в прежнее состоя-

ние. Ничтожное повышение урожая луга не могло окупить тяжелую работу возобновителя, и затраченный труд всегда был непроизводительным.

Такой результат совершенно понятен. Широкий обух ножа еще более уплотнял дернину со стороны разреза, а конец ножа, проникавший в минеральную почву, разрушал на своем пути все комки и втирал растертую почву в боковые стенки разреза, усиливая плотность и непроницаемость почвы для воздуха.

Неудовлетворительность работы возобновителя пытались объяснить тем, что производимые им разрезы размещались на слишком широких расстояниях один от другого, и вскоре конструкторы луговых орудий предложили взамен его скарификатор.

Скарификатор состоял из деревянной или железной рамы с тремя подъемными колесами. На передней и задней перекладинах рамы было укреплено нечетное число ножей, не отличавшихся от простых плужных ножей. Число ножей на задней перекладине рамы всегда было одним больше, чем на передней, и поэтому задние ножи проводили разрезы, расположенные посередине между разрезами передних ножей. Орудия изготовлялись на семь и девять ножей с целью приспособления к силе пары упряжных животных. Ножи своими концами имели наклон вперед, вследствие чего при движении орудия они углублялись в почву луга на глубину, которая определялась высотой подъема колес. Расстояние между ножами в каждом ряду делалось около 15 см, следовательно, расстояние разрезов на лугу было около 7—8 см.

Несмотря на более густо расположенные разрезы дернины, результат обработки почвы луга скарификатором был еще менее действенен, чем обработка возобновителем. Разрезы дернины еще скорее заполнялись органическим веществом, и луг через год возвращался в прежнее состояние после ничтожного подъема урожая в течение первого года.

Неудачи обработки скарификатором вызвали попытки

применения бороны для обновления лугов. Первоначально применялись бороны, мало отличавшиеся от обычных полевых борон. Изменение в них касалось главным образом формы зубьев, которые делались большей частью ножевидными— с наклоном острия вперед, и серповидными —с направлением острия несколько вбок. Работа простых борон сводилась преимущественно к разравниванию кротороин и муравьиных куч и к вычесыванию надземных остатков прошлогодней травы. Влияние бороньбы на урожайность луга было ничтожное. Тяжелая работа бороньбы луга в несколько следов повышала урожай луга на 1—2 ц на гектар, и этот ничтожный эффект продолжался не более 1—2 лет.

Дальнейшие изменения конструкции орудий обработки поверхности луга были направлены в несколько сторон. Часть конструкторов объясняла понижение урожая луга развитием на них зеленых мхов и старалась приспособить бороны к непосредственной борьбе с мхами. Для этой цели старались так изменить устройство луговых борон, чтобы они возможно полно и совершенно соприкасались с неровной поверхностью луга. Это достигалось конструкцией или членистых, или цепных борон. В членистых боронах продольные брусья рамы сочленялись из отдельных коротких частей, соединенных поперечной осью, которая одновременно служила для укрепления на ней зубьев. Таким образом достигалась гибкость рамы в направлении хода бороны. Цепные бороны сочленялись из отдельных треугольных пластин или железных рамок. Треугольники снабжались каждый зубьями, вделанными во все три угла. Между собой треугольники сочленялись железными кольцами, свободно продетыми в каждый угол треугольника. Таким образом, каждый треугольник подвижно сочленялся с тремя соседними треугольниками. В общем получалась система, способная изгибаться во всех направлениях.

Членистые и цепные бороны предназначались преимущественно для удаления зеленых мхов с поверхности луга, причем

рыхление дернины достигалось ими в незначительной степени.

Результаты применения цепных и членистых борон оказались неожиданными. На увеличение урожаев луга они не оказали никакого влияния, что же касается зеленых мхов, для борьбы с которыми они предназначались, то количество мхов значительно увеличивалось на лугу после применения этих борон. Этот результат совершенно понятен. Поверхностное разрыхление дернины вызывало усиление аэробного разложения органических остатков на поверхности луга. Продукты этого разложения не могли быстро проникать в почву, переполненную органическим веществом, и не могли усилить развития высшей растительности луга; зато они быстро усваивались зеленым моховым покровом, и под влиянием усиленного питания усиливалось и развитие мхов, растаскивавшихся боронами по всему лугу.

Другое направление, в котором развивались орудия поверхностной обработки лугов, касалось усиления их рыхлящей способности. Это достигалось заменой простого разрезания дернины вертикальными зубцами или ножами разрыванием ее вращающимися зубьями или ножами. Бороны этого типа представляют рамы с несколькими горизонтальными валами. На валах неподвижно прикреплены или отдельные прямые или косые зубья, или зубчатые кольца, или выгнутые стальные диски с круглым цельным краем, или края дисков вырезаны так, что образуют прямые или изогнутые и скрученные лопасти. При поступательном движении таких борон по поверхности луга горизонтальные оси получают вращательное движение, и насаженные на них зубья, ножи, диски или лопасти в большей или меньшей степени разрывают и рыхлят поверхность дерна.

Наибольшая степень рыхления достигается так называемой норвежской бороной. Ее рабочая поверхность представляет круглую колесовидную борону диаметром около 150 см. В нижней части по ободу и поперечным брусьям борона снабжена сильными железными зубьями. С верхней части в центре бороны

прочно укреплен вертикальный железный шкворень. На шкворень свободно надета втулка; чека на конце шкворня не допускает снятия втулки со шкворня. Втулка неподвижно скреплена с железной пластиной, вырезанной в виде треугольника, в центре прямого угла которого помещается втулка. Один конец железной пластины оканчивается упряжным крюком, на другом, перпендикулярном к линии поступательного движения бороны, надет подвижной чугунный груз, который может быть закреплен на любом расстоянии от шкворня. Под влиянием неоднородной нагрузки зубья более сильно нагруженной половины бороны со стороны подвижного груза глубже вонзаются в почву, и вследствие неодинакового сопротивления борона при своем поступательном движении начинает одновременно вращаться вместе со шкворнем во втулке. Вследствие такого сложного движения, одновременно поступательного и вращательного, каждый зуб бороны описывает кривую, носящую название циклоиды, и влияние бороны на поверхность луга отличается очень сильным рыхлящим действием. Все эти бороны требуют значительной затраты энергии для своей работы.

Несмотря, однако, на очень сильное рыхлящее действие этих орудий на поверхность дернины, их влияние на повышение урожаев луга редко выходит за пределы 3—4 ц на гектар, и затраченный на возобновление луга труд всегда остается непроизводительным.

Настоятельная нужда в улучшении качества лугов заставила продолжать изыскания этих средств. Были рекомендованы как средства борьбы с мхом, в котором продолжали видеть причину ухудшения лугов, посыпки их поваренной солью или железным купоросом. Из этих средств поваренная соль не оказывала никакого влияния на мхи и на урожаи луга. Что касается железного купороса, то он, как соль закиси железа, оказывал угнетающее влияние на мхи, но совершенно такое же действие оказывал и на всю растительность луга, как вредную, так и полезную.

Дальнейшее развитие мер поверхностного улучшения лугов характеризуется попытками непосредственной борьбы с развитием на лугах плотнокустовых злаков, которые постепенно обращали прежде ровную поверхность лугов в кочковатую, сильно затрудняли сток поверхностной воды и постепенно обращали луга в «бросовые земли». Эта борьба вызвала попытки создания луговых стругов и кочкорезов. Рабочая часть этих орудий представляет горизонтальный нож с лезвием, и ставленным наклонно к направлению движения орудия. Лезвию придавалась или форма прямой линии, или зубчатой, или изогнутой. Нож укреплялся или при помощи одной стойки к плужному грядилю для запряжки в постромки, или при помощи двух стоек к оглоблям, или он присоединялся при помощи ваги к дышловой запряжке, и в этом случае вес дышла уравновешивался соответствующим положением сидения для работника.

Работа луговых стругов и кочкорезов принадлежит к числу очень тяжелых; кроме того, она вызывает еще необходимость дополнительной работы по сгребанию срезанных кустов и кочек. Эта медленная и утомительная работа вызвала появление специальных конных граблей для сгребания кочек. Эти грабли в пароконной запряжке захватывали полосу шириной в 2 м и состояли из сильных кривых чугунных спиц таврового сечения, укрепленных на двух невысоких колесах, и могли быть сразу приподняты для освобождения от груза кочек посредством опускания длинной рукоятки идущим сзади работником. Собранные в валы кочки нужно было свезти с луга и уложить в кучи для их перегнивания — обращения в компост, который после перегнивания кочек вновь разбрасывался по поверхности луга и служил одним из первоначальных удобрений на лугах.

Тот же прием уничтожения кочек на поверхности луга послужил первоначальным толчком к развитию искусственного посева луговых трав на лугах. На поверхности луга после

уничтожения кочек плотнокустовых злаков обнажалась лишенная растительности масса органического вещества дернины. Вследствие соприкосновения с воздухом дернина на обнаженных местах начинала разлагаться, освобождая в форме минеральных соединений значительные количества пищи растений. Но этой пищей оставшиеся луговые злаки не могли быстро воспользоваться, ибо для того, чтобы занять освободившиеся места, злаки должны были развить новые побеги, постепенно проникавшие с окружности обнаженных мест к их середине. Пока совершалось это медленное передвижение многолетних злаков, на освобожденных местах развивались семена сорняков, занесенных ветром и потоками воды, стекавшей с полей, птицами и животными, и луга засорялись. Совершенно ясно, что единственным средством борьбы с засорением лугов в этом случае мог быть только немедленный посев многолетних трав. Эта мера встретила препятствие в отсутствии как в хозяйствах, так и в продаже семян луговых трав. Неоднократно делались попытки применить для засева «плешин» сенную труху. Попытки эти всегда приводили к сильному засорению луга. Причина этого та, что сенная труха не содержит *спелых семян* луговых злаков, но содержит *очень много спелых семян сорняков.*

*Сенная труха представляет главную причину засоренности навоза.*

Пока развилось производство семян луговых злаков, была сделана еще попытка выработать особые приемы улучшения лугов при помощи специальных машин и орудий, так называемых лущильников.

Систем лущения лугов две. По первой, предложенной Р. Сакком, дернина луга разрезалась в направлении, перпендикулярном к будущим проходам лущильника, специальным скарификатором. Он состоял из стальной перекладины, прикреплявшейся к грядилю универсального плуга Сакка по снятии его с корпуса культурного плуга. К перекладине хомутами прикреплялись четыре ножа в один ряд на расстоянии 30 см

один от другого. На концах перекладины прикреплялось по одному маркеру, полозки которых — один оставлял ясный след на поверхности дернины на расстоянии 15 см от крайнего ножа, а другой направлялся работающим по следу предыдущего прохода полозка. Ножи скарификатора проводили, таким образом, по всей поверхности луга разрезы на глубину 10 см и на расстоянии 30 см.

После этой работы в направлении, поперечном к разрезам скарификатора, производилась обработка лущильником. Корпус лущильника прикреплялся к грядилю того же универсального плуга по снятии его со скарификатора. Лущильник состоял из вертикальной стойки, к которой снизу неподвижно прикреплен горизонтальный треугольный лемех с шириной разреза в 30 см. На расстоянии 30 см от носа лемеха помещался отвал лущильника, а впереди лемеха помещался плужный нож, прорезавший дернину на 10 см. Отвал лущильника представлял вертикально поставленную стальную пластину вышиной 15 см.

Пластина, начиная от стойки, имела правильный вогнутый цилиндрический изгиб, на расстоянии 30 см вправо от стойки и 30 см к задней части корпуса вторым цилиндрическим выпуклым изгибом переходила в направление, параллельное ходу лущильника, и на своем прямом заднем конце опиралась на пятку.

При движении лущильника его нож и лемех отрезали с поверхности луга, предварительно прорезанной скарификатором, квадратные куски дернины в 30 см в стороне [шириной] и 5 см толщиною. Вертикальная пластина отвала лущильника передвигала отдельные квадратные куски дерна на 30 см вправо по ходу орудия.

Куски дерна, срезанные первыми двумя проходами лущильника по средней линии луга, немедленно перевозились на противоположные края луга и складывались влево и вправо от будущего последнего прохода лущильника. Таким образом, по средней линии луга освобождалась свободная от дернины

полоса луга шириною 60 см и во всю длину прохода лущильника.

Сзади отвала лущильника к грядилю хомутом прикреплялся так называемый бороздной еж. Он состоял из треугольной стальной рамы, к боковым брусьям которой прикреплено по три стойки треугольных экстирпаторных лап. Лапы бороздного ежа устанавливались на глубину 5—10 см. Таким образом, при проходе лущильника одновременно сдвигалась вправо полоса дернины в 30 см ширины, и обнажившаяся полоса почвы подвергалась совершенному рыхлению на глубину 5—10 см. При следующем проходе лущильника срезанная дернина сдвигалась на полосу разрыхленной почвы.

При достижении такой обработкой противоположных краев луга на обнаженную полосу луга укладывался дерн, свезенный с первой средней полосы, пройденной лущильником. По окончании лущения дернина легким железным катком прижималась к разрыхленной почве. В случае надобности на обнаженные полосы можно было внести минеральное удобрение, или молотый известняк, или мергель, или гашеную известь.

Лущильник Лаакэ стремился избежать двух операций, неизбежных при применении лущильника Сакка,— разрезания дернины скарификатором и перевозки дерна со средних двух борозд на две крайние. Лущильник Лаакэ представлял самостоятельный полупередковый плуг с двухколесным полупередком. Впереди корпуса расположен нож. Корпус его состоит из лемеха шириною 30 см, в форме равнобедренного треугольника, вершина которого расположена в середине борозды и основание которого перпендикулярно к длине борозды. Горизонтальное основание лемеха приподнято над поверхностью почвы и переходит в поверхность отвала. Отвал лущильника Лаакэ представлял стальную пластину 30 см шириной с закраинами вышиной около 5 см с каждой стороны. Своим нижним горизонтальным ребром отвал соприкасается вплотную с основанием лемеха, после чего сохраняя горизонтальное положение своего

поперечного сечения, изгибается в виде равностороннего свода вышиною около 50 см и длиною около 1,25 м, доходя своим задним горизонтальным ребром почти до поверхности дернины. Под сводом, образуемым отвалом, к стойке лемеха прикреплялись или бороздной еж, или вращающаяся борона шириною около 30 см.

Во время работы лущильника Лаакэ непрерывная полоса дерна шириною в 30 см, отрезанная ножом и лемехом на глубину около 5 см, поднималась на сводчатый отвал и по его проходе вновь укладывалась на поверхность той же борозды, разрыхленной на глубину до 10 см бороной или ежом под сводом отвала.

В результате работы лущильников урожаи лугов поднимались на 5—7 ц на гектар, иногда до 10 ц, но через 2—3 года вновь падали до прежнего уровня. Огромная затрата труда и энергии на тяжелую работу лущения всегда оказывалась непроизводительной.

Такой общий результат всех приемов механических способов поверхностного улучшения лугов вызвал попытки сочетания этих приемов с удобрением лугов.

## УДОБРЕНИЕ ЛУГОВ

Первоначальные способы удобрения лугов вследствие недостатка в продаже искусственных удобрений, производство которых еще не достигло необходимой степени развития, ограничивались удобрениями, приготовленными в самом производстве. Но здесь луга встречали сильного соперника в полевой культуре, которая лишала луга наиболее ценных удобрений.

Сказанное в особенно сильной степени отразилось на применении наиболее универсального навозного удобрения. В Западной Европе навоз как удобрение для лугов применяется исключительно в областях, где полеводство по природным или экономическим причинам должно уступить место животновод-

ству. В этих условиях создается избыток навоза и недостаток подстилки. Таково положение в альпийских хозяйствах Швейцарии и Баварии и в некоторых частях северного побережья Франции. В том и другом случае при единоличных хозяйствах и пастбищном кормлении скота при ночном стойловом содержании вывозка навоза происходит на только что вытравленные участки пастбищ. Летом навоз вывозится один раз в неделю из стойл прямо на пастбище и немедленно разбрасывается. По прошествии не более недели солома разбросанного навоза оказывается совершенно промытой почти ежедневными дождями этих областей. Солома сгребается и свозится обратно в стойла на смену вывезенной. На северном побережье Франции так продолжается почти круглый год; зимний период, прерываемый безморозными промежутками, тянется всего около месяца.

В Швейцарии во время зимы навоз хранится под ногами скота, и солома не успевает разложиться в условиях анаэробиозиса. Ранней весной по не вполне сошедшему снегу соломистый навоз вывозится на все пастбище, через неделю обмытая солома сгребается и вновь служит подстилкой.

Кроме таких исключительных кустарных случаев, применение навоза для удобрения природных лугов вряд ли может найти экономическое оправдание.

Вторым удобрением, применение которого на лугах усиленно рекомендовалось, был *компост*. Нужно различать два различных вида компоста. Первый состоит из всевозможных отбросов домашнего хозяйства или производства, которые не могут быть использованы в крупном или мелком животноводстве. Эти отбросы складываются в правильные кучи, и для лучшего разложения в их кучи вносятся вещества, обогащающие отбросы азотом и зольными элементами,— «ночное золото», зола, сметки, помои, отбросы убоя, трупы животных, павших от неэпизоотических заболеваний, и т. д. Такие компосты служат для поддержания санитарных условий хуторов, от-

дельных усадеб и общественных поселков в случае удаленности их от помещений для скота и, следовательно, от навозохранилищ.

Но и в навозохранилище можно вносить далеко не все отбросы вследствие того, что многие из них требуют часто продолжительного времени для разложения, без пользы пропадут в быстро разлагающемся навозе и могут сильно мешать при механизации нагрузки и распределения навоза. Поэтому обыкновенно приходится наряду с навозохранилищем закладывать невдалеке от жилых поселков и компостные кучи. Иногда приходится закладывать компостные кучи вдали от жилых поселков, на окраинах полей, для обезвреживания отбросов полеводства или в случае неудобства их использования иным путем.

Компост этого рода мало отличается по своим качествам и удобрительному значению от навоза, и местом его применения будут преимущественно поля.

Другой род компоста состоит преимущественно из отбросов ухода за лугами. К этому роду принадлежит компост, складываемый из кочек, задернованных муравьиных куч и кротороин, луговых сорняков и т. п. Компост этого рода представляет временное явление, почти непременный спутник начального периода обращения природных лугов в культурное состояние и уже несовместимое с понятием о культурном луге.

Более постоянное явление могут представлять кучи ила и сорной растительности, выкидываемые при чистке канав, остожье и другие отбросы эксплуатации лугов, особенно орошаемых. Все эти отбросы представляют серьезное препятствие для механизации приемов ухода и использования лугов, представляют опасность как очаги распространения сорняков и вредных насекомых и должны быть закомпостированы.

Эти «луговые» компосты состоят в очень значительной мере из почвы и поэтому отличаются большим объемным весом. Вместе с тем содержание в них элементов пищи растений обык-

новенно лишь немногим превышает содержание их в хорошей луговой почве, и, повидимому, правильнее рассматривать этого рода компост как неизбежное зло, сопутствующее культуре луговой площади, а не как удобрение для лугов. Вероятно, этим нужно объяснить их редкую встречаемость в практике больших луговых хозяйств, несмотря на горячую их рекомендацию как «специального» лугового удобрения.

Эта специализация компоста как лугового удобрения основана на том, что первоначальный материал для приготовления компоста не имеет цены и поэтому стоимость его приготовления может окупиться и невысокой стоимостью прироста урожая дешевого продукта луговодства — сена. При этом, однако, забывают учесть стоимость доставки тяжелого землистого материала к компостной куче и развозку тяжелого и неконцентрированного удобрения по лугу. Кроме того, и приведенный принцип повышения окупаемости луговых удобрений не верен; на чем придется остановиться в дальнейшем.

Участь компоста разделило и еще одно «специально луговое» удобрение — *навозная жижа*. Навозная жижа может получаться двух родов, в зависимости от способа приготовления навоза. При анаэробном способе приготовления навоза, господствующем при паровой системе земледелия, когда навоз сохраняется в бескислородной среде — под ногами животных или на гноище без поливки, из него стекает навозная жижа и обыкновенно собирается в особые хранилища — колодцы. Когда навоз хранится на гноище, в колодец для навозной жижи проводится со скотного двора и моча животных. Такая навозная жижа очень богата зольной пищей растений, поступающей или прямо с мочой животных, или вымываемой из каловых масс навоза мочой, переносимой с навозом на гноище. Под ногами скота навоз беспрерывно промывается мочой, и, кроме того, верхние, еще рыхлые слои навоза разлагаются при доступе кислорода воздуха. При этом разложении из органического вещества навоза образуется вода, которая растворяет как перегнойные

вещества, так и минеральные соли, образующиеся в навозе. Растворенные в навозной жиже вещества не задерживаются в массе навоза, составные части которого очень слабо разлагаются при анаэробном хранении, и поэтому поглотительная способность такого навоза невелика. Поэтому навозная жижа, получаемая при таком способе хранения навоза, богата элементами пищи растений. Азотсодержащие вещества мочи и те, которые вымываются из навоза при хранении навозной жижи, отчасти разрушаются с выделением свободного газообразного азота, отчасти переходят в нерастворимые в воде перегнойные вещества, придающие жиже темный цвет и характер вязкой жидкости.

После вывозки такого навоза остается значительное количество навозной жижи. Употребление этой жижи для удобрения полей встречает два возражения. Жижа, как и моча травоядных животных, содержит мало фосфорной кислоты. Содержащиеся в жиже перегнойные вещества быстро разлагаются в почве, образуя при этом легкоусвояемые минеральные соединения азота. Таким образом, на поле создаются условия обильного азотного питания растений при одновременном относительном недостатке фосфора.

Одностороннее азотное питание вызывает обильное развитие листьев в ущерб плодам и влияет на значительное удлинение вегетационного периода растений. Оба явления вызывают сильное увеличение потребности растений в воде, что, особенно в условиях паровой системы земледелия, легко вызывает явления «захвата» хлебов и недозревание корне- и клубнеплодов и их непрочность в лежке.

С этим односторонним азотным питанием можно было бы бороться одновременным внесением фосфатов, но здесь выступает второе свойство навозной жижи, препятствующее применению навозной жижи на полевой почве.

Навозная жижа, получаемая при анаэробном хранении навоза, содержит много мочи травоядных животных, непосред-

ственно в нее притекающей. Эта моча содержит много солей калия. Попадая на полевую почву в растворе, соли калия вытесняют из перегноя поверхностных слоев почвы поглощенный кальций, становясь на его место. Перегной, содержащий поглощенный калий, приобретает способнсстъ рассеиваться в воде, и поверхностный слой почвы теряет свою прочность. После первого дождя, даже после самой поливки жижей, почва «заплывает», покрывается толстой бесструктурной коркой.

По этим причинам навозная жижа считается специально луговым удобрением. Одностороннее содержание азота не может принести на лугу вреда, так как луговые злаки возделываются ради их листьев и стеблей, которые усиленно развиваются после поливки луга навозной жижей. Избыток калийных солей также не может принести того вреда, которым сопровождается применение навозной жижи на полевых почвах. Поверхность почвы луга защищена плотным сплетением живых и мертвых корней, и жижа лишь в небольшом количестве проникает в минеральную воду, поглощаясь почти целиком поверхностным слоем органического вещества.

Трудность проникновения навозной жижи в почву природных лугов в особенно сильной степени касается ее азотсодержащих составных частей. Эти вещества в навозной жиже почти целиком состоят из нерастворимых в воде соединений — коллоидального перегноя — и полностью остаются на поверхности почвы луга, образуя тонкую черную пленку во всех углублениях поверхности луга, куда собирается жижа при поливке. Образовавшаяся пленка не пропускает жидкости, и скопляющаяся в углублениях жижа в большей мере высыхает, а не впитывается в почву.

Остающиеся на поверхности почвы азотсодержащие вещества быстро подвергаются разложению при свободном доступе воздуха, причем образуются легкоусвояемые растением минеральные соли азота. Таким образом, на поверхности почвы луга скопляется обильное количество пищи растений, как азотной,

так и зольной, скопляющейся вследствие испарения жижи в углублениях почвы луга. Поэтому концентрация раствора пищи растений на поверхности луга может легко оказаться вредной для растений, которые питаются только из очень слабых растворов, содержащих в среднем около трех частей солей на одну тысячу частей воды. В присутствии же более густых растворов растения погибают — «выгорают».

Для избежания такого действия жижи ее при вывозке на луга разбавляют, по крайней мере, тройным по объему количеством воды и поливают луга в несколько приемов небольшими порциями, начиная каждый раз с полосы луга, политой раньше других. Понятно, что количество вывозимой жижи измеряется сотнями бочек на гектар. Огромная затрата крайне неприятного и негигиеничного труда по поливке лугов навозной жижей не окупается приростом урожая травы, который хотя и достигает значительной величины —8—10 ц на гектар, но состоит преимущественно из однолетних сорняков, разнотравья и малоценных злаков с неглубокими корнями и поверхностными корневищами.

Навозная жижа, получающаяся при приготовлении навоза по способу аэробного брожения, обладает совсем иными качествами. При аэробном разложении органического вещества образуется значительное количество воды, вследствие чего не только увеличивается количество навозной жижи, но и уменьшается ее концентрация. При частых повторных поливках навоза жижей образующиеся в ней нерастворимые вещества задерживаются в массе навоза. При аэробном разложении навоза он быстро приходит в состояние влажной землистой массы, которая и вывозится. В таком состоянии навоз обладает очень большой поглотительной способностью, и вещества пищи растений задерживаются в нем. Ко времени вывозки навоза, когда для ухода за навозом минует надобность в поливке навозной жижей, она содержит в растворенном состоянии главным образом две соли: хлористый натрий

(поваренную соль) и сернокислый натрий. Из этих солей поваренная соль может иметь значение только как косвенное удобрение на полевых почвах и то при ее применении не в форме раствора Если ее применяют в форме раствора, то в результате получается утрата поверхностью почвы структурного состояния и заплывание ее в виде плотной корки, как от применения растворенных солей калия, но в еще более сильной степени. Применение же косвенных удобрений на природных лугах, в почве которых пища растений переходит в формы органического вещества, совсем не имеет значения.

Сернокислый натрий содержит серу, необходимую растениям в качестве пищи. Но недостаток соединений серы в почвах, особенно луговых, встречается редко и, следовательно, также редко встречается надобность в сернокислых удобрениях. В случае же необходимости сернокислого удобрения было бы большим промахом внесение его в форме солей натрия или калия, в особенности в форме жидкого раствора, о чем мы уже говорили выше.

Вследствие вышесказанного и так как навозная жижа, получаемая при *правильном* аэробном приготовлении навоза (не по способу «благородного» навоза Кранца), содержит лишь ничтожное количество санитарно вредных веществ; такую навозную жижу после вывозки спелого навоза можно безбоязненно спустить в природные проточные водоемы, в крайнем случае, с окончательным обезвреживанием ее на биологических окислителях. Для удобрения как полей, так и лугов такая жижа совершенно бесполезна, так как все содержавшиеся в ней элементы пищи растений она оставила в навозе.

Вследствие всего вышесказанного становится понятным, что применение навозной жижи для улучшения природных лугов оставлено в правильно организованных *крупных* хозяйствах Западной Европы, в которых природные луга заменены искусственными, и сохранилось в отсталых единоличных крестьянских хозяйствах, например в Швейцарии.

Непроизводительность труда, затрачиваемого на применение в отдельности приемов поверхностного улучшения и удобрения лугов, вызвала попытки одновременного их применения. В продаже появились искусственные, или минеральные, удобрения, у которых отсутствовал главный недостаток «специальных» луговых удобрений — малая концентрация элементов пищи растений, разбавленных непомерным количеством почвы или воды.

Применение искусственных удобрений на лугу всегда вынуждает необходимость усиленной механической обработки, необходимой для смешения удобрений с луговой почвой. Отсутствие такой обработки или недостаточная степень ее проведения создают опасность слишком большой концентрации почвенного раствора в поверхностном слое дернины природного луга в случае недостатка дождей после высева удобрения; это особенно часто встречается при наличии почвы, обладающей трудной водопроницаемостью, что наблюдается на природных лугах, в дерновом слое которых накопилось много органического вещества.

Результаты применения минеральных удобрений на *природных* лугах были двояки в зависимости от того, применялось ли азотное удобрение, безразлично в чистом ли виде или в смеси с фосфорными и калийными удобрениями, или же применялось одно фосфорное и калийное удобрение в смеси или поодиночке, но без одновременного внесения азотного удобрения.

В первом случае обыкновенно наблюдается более или менее значительное повышение урожая, обязанное главным образом сильному развитию разнотравья, сорняков и малоценных злаков с поверхностными корневищами и корневой системой, т. е. связанное с несомненным ухудшением качества урожая. Повышение урожая природных лугов под влиянием указанного характера удобрения не отличается продолжительностью. Уже на третий год после удобрения урожай удобряемого луга не отличается от урожая неудобренного. Такой результат совершенно понятен. На лугу, нуждающемся в

обновлении, лучшие злаки большей частью уже отсутствуют, и на нем господствуют худшие в кормовом отношении плотнокустовые — щучка и овечья овсяница. Промежутки между кустами этих злаков заняты корневищевыми и рыхлокустовыми злаками невысокого хозяйственного значения — обыкновенной и белой полевицами, трясункой, душистым колоском, многоплодным и сплюснутым мятликами, гребенником, слабо развитыми клеверами (кроме красного и шведского), луговой чиной, многолетними виками и многочисленными видами разнотравья.

Мы уже видели выше, что плотнокустовые злаки слабо отзываются на минеральные формы пищи. Поэтому повышение урожая происходит под влиянием остальных групп растений. Из этих групп разнотравье отзывается на азотное удобрение обильным развитием своих широких листьев, второстепенные злаки занимают второе место, и эти две группы своим развитием угнетают бобовые растения. Все указанные группы растений при лучшем развитии своих надземных частей развивают соответственно и более обильные подземные части, которые в условиях почвы луга не разлагаются после отмирания, и все количество усвоенной ими минеральной пищи удобрений остается в недоступной растениям форме органического вещества. Урожай луга быстро падает до своего прежнего уровня.

Во втором случае, т. е. при удобрении *природного луга фосфорными и калийными удобрениями* без одновременного внесения азотных удобрений, наблюдается иной результат. В первый год после внесения удобрения урожай луга поднимается, хотя по величине обыкновенно уступает урожаю по полному удобрению. Но качество урожая *травы* значительно выше предыдущего, так как в нем преобладают высокоценные по кормовому достоинству бобовые — преимущественно желтая люцерна (природные расы), луговая чина, многолетние вики и белый клевер. Причина такого преобладания бобовых в этом случае ясна. Бобовые обладают способностью усвоения свободного азота атмосферы и, следовательно, при удобрении фосфатами и калий-

ными солями будут поставлены в лучшие условия развития, чем злаки и разнотравье, имеющие в распоряжении только фосфор и калий, которые они не могут в достаточной мере использовать вследствие недостатка азота. Урожай сена и на второй год после удобрения падает лишь немного, но на третий год урожай луга резко изменяется не только количественно, но и качественно. Роскошно развившиеся после удобрения бобовые хотя и не исчезают вполне, но по степени своего развития возвращаются к тому состоянию, в котором они находились до удобрения. Места, которые раньше были заняты разросшимися после удобрения бобовыми и на которых побеги злаков были заглушены роскошным развитием бобовых, не могут быть сразу заняты побегами окружающих многолетних злаков и покрываются проростками сорняков и разнотравья — дудником, тмином, плюшкой, лебедой, ползучим лютиком, манжеткой (листиком) и др., урожаи луга сильно падают и качество сена резко ухудшается.

Качество *сена* первого укоса после удобрения тоже далеко не отвечает тому впечатлению, которое производит травостой нескошенного луга. При уборке сена на природных лугах, вследствие условий влажности этих угодий, не удается употребить тех приемов сушки сена, которые применяются на травяных полях, в укосе которых преобладают многолетние бобовые. Необходимость быстрой сушки заставляет прибегать к сеноворошилкам при таком состоянии сухости сена, когда все растение злаков и листья бобовых и разнотравья достигли уже необходимой для метания стогов сухости, а стебли бобовых и разнотравья еще настолько влажны, что послужат причиной согревания, брожения, плесневения и порчи сена в стогах и особенно в сараях.

При работе сеноворошилок и даже при ручном ворошении, а также при последующих работах простых и боковых механических граблей, сенонавивателей, стогометателей и сенных прессов большинство листьев бобовых и разнотравья обламывается

и остается на лугу. Той же участи подвергаются и наиболее молодые пересушенные листья злаков, и наиболее ценные в кормовом отношении части урожая сена бесполезно теряются еще на лугу.

При кормлении таким сеном, особенно при развертывании кип прессованного сена, последние остатки листьев обращаются в труху, так как такое сено почти неизбежно бродит в кипах и в стогах и листья делаются очень хрупкими, и до животного доходят почти одни стебли, из которых стебли разнотравья целиком остаются в объедках.

Часто рекомендуемые способы использования сенной трухи в запаренном виде, в виде «сенного чая», стравливание мелкому рогатому скоту и т. п. могут иметь хотя и сомнительное значение только в единоличном кустарном хозяйстве, в котором производительность труда не принимается в соображение и в котором нередко может возникать вопрос о спасении скота от голодной смерти или от ножа.

Применение искусственных удобрений на *природных* лугах, несомненно, давало технический эффект, т. е. вызывало повышение урожая, иногда значительное. Но если сравнить покупную стоимость искусственных удобрений и учесть затрату труда, необходимого на их распределение, на трудную работу их заделки в почву природного луга, прибавочный труд по уборке излишка урожая и особенно по сушке всего урожая и неизбежное понижение качества всего сена, то всегда оказывается, что производительность затрат на применение искусственных удобрений на *природных* лугах очень невелика.

## ПОДСЕВ ЛУГОВЫХ ЗЛАКОВ

Невысокую производительность труда при применении приемов поверхностной обработки и удобрений к улучшению *природных* лугов пытались объяснить недостатками видового состава злаков растительности улучшаемого луга.

На лугу, требующем применения приемов повышения урожайности, отсутствуют требовательные к условиям жизни высокоурожайные рыхлокустовые злаки, могущие отозваться на лучшие условия питания значительным повышением травостоя луга не только в количественном, но и в качественном отношении.

Оставшиеся на таком лугу плотнокустовые злаки не способны по характеру своего строения отзываться на новые условия. Их узлы кущения расположены *выше поверхности* почвы, и улучшение условий *поверхности* луга прямо на них повлиять не может. Питание этой группы злаков также происходит из органического вещества посредством симбиоза с низшими грибами, и условия питания минеральными формами пищи растений для них значения не имеют.

Косвенное же действие на плотнокустовые злаки приемов поверхностного воздействия исключительно отрицательное, так как густой травостой других групп растений, могущих использовать благоприятные условия поверхности луга, действует своим затенением подавляющим образом на развитие плотнокустовых злаков.

Поверхностные улучшения природных лугов могут быть использованы лишь сорняками, разнотравьем, иногда бобовыми, мхами и группой второстепенных по кормовому достоинству рыхлокустовых и корневищевых злаков, занимающих промежутки между плотнокустовыми.

Таким образом, возник вопрос о необходимости одновременно с изменением условий жизни растений на природных лугах ввести в травостой луга и такие злаки, которые могли бы отозваться на произведенные изменения как большим повышением урожая, так и лучшими его качествами.

Ясно обоснованная потребность обновления состава луговой растительности упиралась в отсутствие в продаже семян луговых злаков. Это препятствие породило попытки к получению посевного материала в своем хозяйстве. Попытки носили

кустарный характер, присущий всем приемам единоличного хозяйства.

Мы уже говорили о неудачах первой попытки применения для посева на лугах сенной трухи. В дальнейшем рекомендовалось выбирать для получения семян луговых трав такие участки *природных* лугов, травостой которых удовлетворял бы требованиям как видового состава желаемой на улучшаемом лугу растительности, так и требованиям высоты урожая. Кроме того, предлагалось обращать внимание на то, чтобы выбираемый участок луга не резко отличался по своему положению от улучшаемого луга. Предполагалось, что если оставить луг до созревания семян и затем убрать и обмолотить траву, то получится урожай смеси семян злаков, полностью соответствующей видовому составу растительности выбранного участка луга. Действительность показала, что дело обстоит не так, как ожидалось.

Семена различных злаков созревают в очень различные сроки — существуют и рано, и поздно созревающие, и такие, которые занимают в этом отношении среднее положение.

Поэтому при одном укосе на семена получались, в зависимости от времени укоса, или зрелые семена ранних злаков, а семена средних и поздних еще не достигали спелости и оказывались невсхожими, или получались зрелые семена поздних злаков, семена же ранних и средних при уборке осыпались — ранние вполне, а средние в значительной мере. Или получались зрелые семена средних, ранние же осыпались, а поздние оказывались невсхожими.

Получаемый при одном укосе луга семенной материал никогда не соответствовал по своему видовому составу характеру травостоя выбранного участка луга.

Для получения посевного материала, соответствующего видовому составу избранного участка луга, приходилось делить выбранный участок луга на три равные части и убирать

каждую часть отдельно и в разное время сообразно времени созревания ранних, средних и поздних злаков.

При такой уборке на лугу получался укос, состоящий из травы, находящейся в самых разнообразных состояниях спелости, от совершенно мертвой соломы до сочной зеленой травы. Вязать массу в снопы было нельзя, и сушить траву приходилось розвязью, применяя в общем те же приемы ворошения, как и при уборке сена. Понятно, что ворошение, сгребание и навивание возов сопровождалось огромной осыпкой семян, которые у большинства луговых злаков отличаются большой «сыпучестью». Такие приемы приводили к весьма малой производительности площади луга, оставляемого на семена, так как с каждой отдельно убираемой площади луга собиралась только одна треть спелых семян, другая треть переспелых семян осыпалась или на корню или при укосе, и третья треть убиралась в незрелом состоянии и давала невсхожие семена. В общем хозяйственная производительность *природного* луга при уборке на семена была не больше трети его действительной производительности. Упомянутые условия уборки семенной травы розвязью приводили к осыпке по меньшей мере, 50% зрелых семян.

Совершенно ясно, что вышеописанные условия должны были привести к чрезвычайно большой себестоимости семян луговых злаков и к большим жертвам со стороны хозяйства, которое должно было назначать бóльшую площадь своей зеленой кормовой базы под производство луговых семян, совершенно теряя ее в год производства семян как кормовую площадь, так как солома луговых злаков после обмолота семян почти не имеет кормового значения. Хотя в части соломы ранних и средних злаков и содержались еще зеленые побеги поздних злаков, но во время обмолота они теряли все листья.

Семена, получавшиеся таким путем, всегда отличались очень низкой хозяйственной годностью. Получающийся ворох всегда состоял из смеси различных по всем качествам семян

злаков со значительной примесью семян разнотравья и сорняков. Пестрота этой смеси почти исключала возможность машинной ее очистки и сортировки, и приходилось применять для посева почти необработанный ворох, очищенный только от наиболее крупных примесей.

Пестрота свойств неоднородного посевного материала исключала возможность применения сеялок, и благодаря той же пестроте свойств самому опытному севцу не удавалось распределить все составные части неоднородной смеси равномерно по всей площади. Приходилось сеять в «пересев», проходя вдоль и поперек луга в три и четыре следа. Все, вместе взятое, придало такому кустарному способу возобновления видового состава растительности лугов характер очень дорогостоящего мероприятия.

Применение посева луговых злаков одновременно с поверхностной обработкой дернины и искусственным удобрением на природных лугах имело лишь ничтожные результаты. От посева луговых злаков урожаи природных лугов несколько, а иногда значительно, превышали урожаи лугов только удобренных и поверхностно обработанных, но *прирост урожая через три-четыре года вновь прекращался*, и урожай падал до величины прежней производительности неулучшенного луга.

Такое явление совершенно понятно. Количество органических остатков в почве луга могло уменьшиться лишь в самом верхнем слое почвы под влиянием облегченного рыхлением дернины притока воздуха. Но проникавший кислород целиком поглощался разложением разрыхленной дернины, и условия в массе почвы не изменялись. Поэтому посеянные многолетние злаки быстро вновь заполняли поверхностный слой почвы луга своими ежегодно отмирающими побегами и корнями, которые не могли углубляться в почву из-за недостатка в ней усвояемой пищи.

Усиленное развитие злаков под влиянием удобрения приводило к быстрому заполнению тонкого слоя разрыхленной

дернины их отмирающими побегами и корнями, прежние условия почвы луга быстро восстанавливались и посеянные злаки угнетались в своем развитии и скоро отмирали.

Поэтому быстрота и устойчивость прироста урожая природных лугов все более отставали от роста затрат труда и средств по мере увеличения последних для поверхностного улучшения лугов, и производительность труда и средств на поверхностное улучшение *природных* лугов падала по мере увеличения их затраты.

Появление в продаже семян луговых злаков не могло изменить положения вследствие высокой цены этих семян. Настоятельная потребность в посевном материале для улучшения видового состава травостоя природных лугов, определившая большой спрос на семена луговых трав, породила самое беззастенчивое мошенничество среди многих недобросовестных торговцев в области совершенно неурегулированной торговли семенами луговых трав.

Путем широко поставленной рекламы, имевшей внешние признаки научной обоснованности, недобросовестные торговцы стали рекомендовать смеси семян луговых трав для улучшения лугов. Такие смеси рекомендовались для лугов сухих, свежих, влажных, сырых, мокрых, расположенных на известковых, мергелистых, песчаных, супесчаных, суглинистых, глинистых и торфяных почвах. Принимались в соображение также уклон луга на север, юг, воток и запад и глубина залегания почвенных вод. Внешность, претендующая на научный характер, была соблюдена, и серьезность рекомендаций подтверждалась благодарственными письмами клиентов и отзывами «иностранных ученых».

Все многочисленные смеси отпускались по усмотрению приказчика самое большое из трех закромов, в которые ссыпались всевозможные осадки и сор с мельниц, сор от очистки полевых и огородных семян, негодные вследствие потери всхожести мелкие огородные и цветочные, семена, семена

залежавшихся медоносных растений; вся смесь сдабривалась семенами сорных костров, проволочной травы, щучки, бухарника, болотного мятлика и других негодных трав, семена которых легко было заказать по дешевой цене; сюда же поступали очистки семян настоящих луговых злаков, покупавшиеся у предпринимателей, очищавших от сора склады серьезных торговцев семенами луговых трав. При смешивании этих отбросов руководствовались, повидимому, цветом и крупностью семян. По крайней мере, смеси для грубозернистых сухих почв всегда отличались крупностью семян и коричневым цветом, смеси для глинистых почв — всегда серые и мелкие, а для почв средних семена отличались средним цветом и средней величиной. Хозяйственная годность смесей чаще всего равнялась нулю, и хорошо, если семена сорняков, из которых они состояли, совсем не отличались всхожестью.

Беззастенчивая фальсификация смесей семян луговых злаков, конечно, нанесла огромный вред делу развития улучшения кормовой площади, но принесла и пользу всему делу семеноводства. Она была главной причиной, заставившей семеноводов объединиться и выставить в защиту своих интересов сеть контрольных семенных станций. Сельскохозяйственное производство быстро поняло значение контрольных семенных станций, и под их защитой быстро развилось производство семян луговых злаков.

## КОРЕННОЕ УЛУЧШЕНИЕ ЛУГОВ И В ЧЕМ ОНО ЗАКЛЮЧАЕТСЯ

Попытки присоединения к дорогостоящим приемам поверхностной обработки лугов и их удобрения еще более дорогого мероприятия — посева — уже с полной очевидностью показали, что сумма этих мероприятий не может окупиться коротким и небольшим повышением урожайности *природных* лугов на которых применялись эти приемы.

Так возникла идея о *коренных улучшениях лугов*.

Роль органических остатков, неизбежно накоплявшихся в почве луга под покровом многолетних злаков, уже была достаточно выяснена. Огромное богатство луговой почвы зольной пищей растений и азотом, заключавшихся в органическом веществе, не может быть использовано наиболее продуктивными луговыми злаками, рыхлокустовыми и корневищевыми, могущими усвоить только минеральные вещества. Органическое вещество может быть разрушено только аэробным процессом его разложения.

Но при поверхностном рыхлении почвы луга кислород воздуха полностью поглощается разложением верхнего тонкого слоя разрыхленного органического вещества и в массу почвы не проникает. Посеянные злаки быстро потребляют как образующуюся усвояемую пищу, так и внесенные удобрения, переводя их в форму органического вещества, и луг быстро (в 2—3 года) обращается в свое прежнее состояние.

Совершенно ясно, что для внесения коренного изменения в условия питания луговой растительности нужно применить и коренную меру — *нужно луг вспахать*, нужно взрыхлить почву и *пропустить кислород воздуха во всю ее массу*.

Правильная в основе идея коренного улучшения луга при своем первоначальном практическом осуществлении встретилась с двумя препятствиями, проистекшими из одной основной причины, о которой мы мимоходом упоминали выше и которая заключалась в стремлении *окупить мероприятия улучшения лугов*, *требовавшие очень больших затрат труда*, *энергии и средств*, *дешевым нетоварным продуктом*, реализация стоимости которого требовала много времени и новых значительных затрат.

Коренное улучшение *природного* луга связано с перепашкой луга. Это мероприятие в приложении к *природным* лугам требует чрезвычайно большой затраты труда и энергии и, как мы увидим дальше, затрат в *большей своей части непроизводительных*. Погашение этих затрат покрывается отчасти повышени-

ем урожаев луга после коренного его улучшения. Но величина этой затраты труда, энергии и средств ложится настолько тяжелым бременем на производство, где культура кормовой площади не слита органически в одно целое с полеводством, а имеет характер отдельного подсобного производства — луговодства, что частое повторение его делается практически неосуществимым.

*Мероприятие приобретает один реальный признак коренного улучшения — большую стоимость, не обладая его существенным свойством — неповторяемостью и необходимостью лишь небольших затрат для поддержания его действия в течение неопределенно долгого срока.*

Значительная величина затрат на коренное улучшение луга неизбежно связана со всеми тремя видами улучшения лугов.

Прежде всего, вспашка природного луга, в дернине которого накопилось большое количество органических остатков, не допускает применения *культурной вспашки.*

Пахотный слой почвы, все равно дернины или жнивья, ясно распадается на два слоя. Верхний слой всегда лишен структуры, так как он воспринимает все механические влияния извне: по нему ходят люди и животные, ездят пустые и груженые телеги и тракторы, он воспринимает удары капель дождя.

Атмосферная вода всегда содержит соли аммония и, проникая через верхний слой почвы в ее массу, вытесняет поглощенный перегноем кальций, лишая почву ее прочности.

Наконец, в верхнем слое почвы наиболее энергично происходит процесс аэробного разрушения перегноя — самой причины прочности почвы.

Поэтому верхний слой всякой почвы, не паханной в течение вегетационного периода, отличается бесструктурностью — сливается в сплошную массу. Бесструктурная почва в сильной степени обладает *связностью*, т. е. способностью противостоять силам, стремящимся разъединить частицы почвы, потому

что в такой почве каждая частица прилегает ко всякой соседней всей своей поверхностью, или, другими словами, сила сцепления в бесструктурной почве очень развита.

В структурном состоянии вся почва разбита на комки. Комки сложены из бесструктурной почвы, и поэтому каждый комок обладает связностью, но в массе структурной почвы комки соприкасаются лишь немногими точками, и вся масса почвы легко *крошится*. Поэтому нижний слой всякой почвы, сохранивший комковатую структуру, способен крошиться.

В случае, когда верхний слой почвы представляет дернину, он пронизан живыми и мертвыми побегами многолетних злаков и поэтому обладает *упругостью* и при вспашке обращается в ленты или разрывается на упругие куски *дерна*.

В жнивье отсутствуют живые побеги, и при вспашке верхний слой жнивья обращается в *глыбы*.

На обычных средних полевых почвах как на жнивье, так и на дернине травяных полей верхний слой, неспособный крошиться, имеет обыкновенно толщину около 10 см.

На использовании указанных свойств разных слоев пласта или пахотного горизонта основано различие между старыми системами обработки и современной системой, так называемой «культурной» вспашкой.

Старые системы стремились придать структурное состояние верхнему слою пласта, неспособному крошиться. Для этого они вынуждены были прибегать к искусственному дроблению пласта посредством борон, катков и дисков. Это вызвало прибавку нового количества работы к основной работе вспашки, и количество этой прибавочной работы было больше, чем работа по вспашке. Прибавочная работа не зависела ни от времени производства обработки, ни от системы плуга, ни от глубины обработки. В случае обработки глубже 10 см комки нижнего слоя пласта, способного крошиться, просеивались через широкие промежутки между глыбами или кусками дернины верхнего слоя пласта, и поверхность почвы после вспашки

всегда оказывалась покрытой глыбами или кусками дернины, что вынуждало применение тех же борон, катков и дисков.

Работа прибавочных орудий не только требовала затраты лишних труда и работы, но почти наполовину обращала почву глыб и дернин в распыленное бесструктурное состояние.

Кроме того, комки, полученные измельчением верхнего слоя почвы, не могли отличаться прочностью. Поэтому после первого же дождя вспаханная и боронованная, укатанная или дискованная почва лишалась с поверхности комковатой структуры, и вновь нужно было производить ее рыхление, т. е. производить еще работу и еще больше разрушать структуру.

## ПРИЕМЫ КУЛЬТУРНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Все эти несовершенства устраняются системой «культурной» обработки. Основное орудие этой системы — плуг с предплужником. Оно представляет плуг с крутым отвалом (рухадло), впереди которого на том же грядиле установлен предплужник, т. е. второй плуг с таким же крутым отвалом, на одну треть более узкий и установленный на глубину около 10 см, смотря по почве. Все рабочие элементы предплужника параллельны одноименным элементам основного корпуса. Между предплужником и основным корпусом установлен нож.

При работе культурного плуга предплужник снимает верхние 10 см пласта и сбрасывает их в виде глыб или разорванных дернин на дно борозды. Идущий сзади основной отвал поднимает освобожденную от верхнего некрошащегося слоя почву и закрывает сброшенные на дно борозды глыбы или дернины верхнего слоя пластом рыхлой, комковатой, крошащейся и прочной почвы нижнего слоя.

Под покровом рыхлого, легко проницаемого одновременно для воды и воздуха, слоя комковатой почвы запаханные глыбы или дернины восстанавливают способность крошиться.

Для того чтобы вполне прикрыть сброшенный на дно борозды верхний слой пласта толщиной в 10 см, требуется слой

способной крошиться почвы такой же толщины в 10 см, и очевидно, что совершенное выполнение культурной вспашки требует общей глубины не меньше 20 см. Это и представляет причину, по которой глубина пласта 20 см получила название нормальной глубины вспашки. Только с этой глубины открывается возможность применения культурной вспашки.

Второе орудие системы культурной обработки почвы представляет деревянная (не железная) волокуша.

Она состоит из трех или четырех деревянных брусков общей длиной в 2 м, разрезанных по длине пополам. Бруски квадратного сечения, по 5 см в каждой стороне. Бруски соединены параллельно между собой на расстоянии около 50 см железными цепочками, и к передним брускам подвижно прикреплен упряжной крюк. Следы волокуши направляются всегда под углом к направлению борозд культурного плуга, одновременно с работой плуга при весенней и летней вспашке перед посевом. При вспашке на зябь волочение производится только весной следующего года. Цель применения волокуши — выравнивание гребней плужной обработки.

Применение системы культурной вспашки *совершенно исключает всякую необходимость применения борон, катков и дисков* для обработки почвы и обращает их *исключительно в орудия ухода за растениями.* Таким образом, совершенно отпадает крупный расход на работу этих орудий и также *вполне устраняется огромный вред разрушения структуры почвы этими орудиями.*

Дернина *природных* лугов, нуждающихся в коренном улучшении, отличается от дернины травяных полей не только более значительным количеством скопившегося в ней органического вещества, но и тем, что органическое вещество обособилось в торфянистый слой выше поверхности минеральной почвы. Обе эти причины обусловливают то, что в почве *природного* луга верхний слой, неспособный крошиться, часто значительно превосходит толщину 10 см. Это утощение некрошащегося

слоя служит непреодолимым препятствием для производства коренного улучшения луга посредством системы культурной обработки.

Из изложения сущности применения плуга с предплужником ясно, что глубина вспашки должна быть в среднем вдвое больше толщины неспособного крошиться горизонта пахотного слоя. Поэтому если толщина дернины луга равна, например, 20 см, то культурную вспашку должно производить, по меньшей мере, на 40 см. Такое увеличение глубины вспашки в условиях луга потребует увеличения затраты количества работы не в два раза, а значительно больше. Хотя связность нижней части пласта на лугу и не будет сильно увеличена вследствие большой глубины структурного дернового горизонта, но сопротивление на разрыв всего пласта и особенно его верхней части сильно возрастает. То, что мы называем разрезанием плужным ножом и лемехом, в сущности представляет разрыв корней и подземных стеблей луговых трав и раздавливание комков почвы по всему разрезу. Вследствие изобилия живых и мертвых побегов в дернине луга это сопротивление очень велико.

Но это препятствие, хотя и сильно удорожило бы вспашку луга, не представляется неодолимым благодаря возможности ведения работы механическими двигателями. Более серьезным препятствием ведения обработки луга на глубину более 20 см представляются химические свойства глубоких слоев луговой почвы.

Анаэробные бактерии характеризуются неизбежною для них способностью отнимать кислород от всех тех составных частей среды, от которых легко отщепляется весь или часть содержащегося в них кислорода, т. е. которые способны «восстанавливаться». К числу таких соединений в почве луга принадлежат сернокислые соли, освобождающиеся при аэробном разложении органического вещества в поверхностном слое дернины. При проникновении в более глубокие слои почвы природных лугов, где господствуют исключительно анаэробные бактерии,

сернокислые соли восстанавливаются в сернистые соединения и образуют с соединениями железа, всегда имеющимися в почве, сернистое железо (марказит).

Сернистое железо в воде нерастворимо, и поэтому, пока оно находится в глубоких слоях почвы, оно безвредно для растений. Но как только при глубокой вспашке марказит будет вывернут в поверхностные слои почвы, он подвергнется окислению кислородом воздуха. При этом из сернистого железа образуются сернокислая соль закиси железа и серная кислота. Оба эти соединения сильно ядовиты для всех зеленых растений; при дальнейшем окислении сернокислая закись железа образует окись железа и серную кислоту.

Таким образом, *при глубокой вспашке природного луга весь пахотный слой будет отравлен* для всех зеленых растений до тех пор, пока ядовитые вещества не будут вымыты дождями в глубокие слои почвы, где анаэробные бактерии вновь восстановят их в сернистое железо. Процесс вымывания ядовитых соединений из почвы продолжается в среднем не меньше одного года, но в случае сухих лета и осени может затянуться и на два года.

По этим двум причинам *вспашку природных лугов* приходится производить при помощи простых плугов *без предплужника*. Вспашка эта требует и большей затраты работы, и специальных, более прочных плугов. Кроме того, пласты дернины требуют усиленной затраты работы на свое обращение в рыхлое состояние — многократного боронования или многократного же дискования специальными луговыми боронами или дисками, о которых упоминалось выше, с последующим многократным боронованием простыми боронами.

Большие затраты на коренную вспашку лугов, связанные с неизбежным посевом на смену уничтоженной дернины луговых злаков, вызывали потребность в увеличении продукции луга.

Это увеличение могло быть достигнуто двумя путями, по

которым и пошло луговодство. *Оно старалось повысить урожай луга и продлить пользование улучшенным лугом.*

Первоначальная надежда на сильное повышение количества усвояемой пищи в почве луга не оправдалась. Пища растений в почве природного луга находится в неусвояемой форме органического вещества. Переход ее в усвояемое состояние может совершиться только после разрушения органического вещества аэробным процессом разложения.

Количество органических остатков в почве природных лугов очень велико, и *их разложение в верхнем слое вспаханной почвы перехватывает весь кислород* воздуха, стремящегося проникнуть в массу почвы. Проникновение же воздуха в почву, вспаханную плугом без предплужника, сильно затруднено, потому что поверхность почвы такого луга приведена в бесструктурное состояние вынужденным усиленным дискованием и боронованием.

Поэтому разложение остатков дернины в массе почвы вспаханного выродившегося луга идет очень несовершенно, и усвояемая пища в нее проникает только из верхнего слоя почвы. Но и это проникновение очень несовершенно, так как в поверхностном бесструктурном слое проникновение воды во время дождя происходит очень медленно, и тотчас после прекращения дождя нисходящий ток воды сменяется быстрым восходящим.

Такие результаты *простой вспашки* природных лугов привели к необходимости *применения искусственных удобрений одновременно со вспашкой и посевом луговых злаков.*

Ясно, что расходы на коренное улучшение луга возросли при этом в значительной степени.

Не менее ясно, что при этих условиях пища растений, содержащаяся в органических остатках почвы луга, использовалась весьма несовершенно, и поднятие урожая луга основывалось почти целиком на вносимых искусственных удобрениях. Действие же последних быстро затухало, потому что они из

растворимой формы быстро переводились в неусвояемую форму органических остатков, не разлагавшихся в анаэробных условиях переполненной органическим веществом почвы природных лугов.

Такое коренное улучшение лугов, требовавшее большой затраты средств, вызвало стремление по возможности *продлить* срок пользования его результатами при одновременном применении мер поверхностного улучшения лугов, переименованных в приемы *ухода* за искусственно созданным лугом, сменившим природный луг.

Приемы ухода за искусственно созданным постоянным лугом не отличались от приемов разобранных раньше мер поверхностного улучшения лугов. Они сводились к боронованию и удобрению луга. Эти меры могли только несколько отдалить момент наступления неизбежного изменения состава растительности луга, так называемого *вырождения травы*, и появления плотнокустовых злаков и их спутников — зеленых мхов, так называемого *закисания* луга.

В результате такого создания *искусственных постоянных* лугов получалась прогрессивно падающая производительность труда, затрачиваемого на уход за лугом. Уход за лугом по мере его старения требовал все усиливающейся обработки и все более частого применения удобрения во все возрастающих дозах. Между тем урожай луга медленно, но неукоснительно падал. В конечном результате «постоянный» луг приходилось вновь подвергать коренному улучшению.

При повторном применении коренного улучшения к *постоянному лугу* почва последнего ничем не отличалась от почвы *природного луга*. К коренному улучшению такого луга могла быть применена только вспашка плугом *без* предплужника с неизбежным последующим многократным дискованием и боронованием и с неизбежным внесением искусственных удобрений, т. е. затраты большого количества малопроизводительного труда и средств.

Попытки заменить плужную обработку при коренном улучшении лугов работой *фрезерных* машин, или *фрез*, сводятся к искусственному размельчению верхнего, неспособного крошиться, слоя пахотного горизонта посредством фрезерных крючков вместо последовательно комбинированной работы плуга, дисков и бороны.

Механическое размельчение неспособного крошиться слоя пласта не может повлиять на изменение основного свойства дернины природного или постоянного луга, на избыточное содержание в ней органических остатков. Поэтому работа фрезы на лугу и на поле с точки зрения производственной должна оцениваться только со стороны ее влияния на разрушение структуры минеральной части почвы. Такое распыление, соединенное с сильным измельчением органических остатков дернины и, следовательно, с увеличением их поверхности соприкосновения с воздухом, может повлиять только в сторону затруднения доступа кислорода в массу луговой почвы. Поэтому работа фрезы на минеральных почвах лугов и полей должна быть признана столь же вредной, как и работа дисков и борон.

*Место применения фрезерных машин ограничивается болотной и лесной культурами*, где они представляют полезнейшие орудия производства.

Вопрос о большей или меньшей производительности работы фрезы по сравнению с комбинированной последовательной работой плуга, диска и бороны не может иметь значения, так как *механизация вредного элемента не может повлиять на уменьшение его отрицательного значения.*

## ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ ЛУГОВОДСТВА И ЛУГОВОЙ СЕВООБОРОТ

Общая участь всех приемов *улучшения* природных и «постоянных» (долгосрочных) лугов, особенно ярко выступившая в системе коренных улучшений лугов,— быстрота затухания поло-

жительного эффекта всех мероприятий,— ярко подчеркнула существование общей причины общего недостатка всех приемов.

Этой общей причиной является неизбежность накопления мертвого органического вещества при развитии многолетних травянистых растений; совершенно ясно стало и то, что борьба с этим явлением в почве под покровом многолетней травянистой растительности не может дать положительных результатов, как борьба с последствиями.

Под покровом многолетних травянистых растений процесс накопления мертвых растительных остатков идет, прогрессивно усиливаясь, процесс же разрушения тех же остатков в непаханной почве луга прогрессивно затухает под влиянием того же накопления мертвых остатков растений.

Очевидно, необходимо было продлить время пребывания почвы в разрыхленном на всю глубину пахотного слоя состоянии, т. е., другими словами, ввести после вспашки природного или постоянного луга культуру однолетних растений. Таким образом, выявилось представление о *«промежуточных культурах»* в луговодстве.

Самая потребность улучшения природных и создания искусственных постоянных лугов вызвана была господством паровой системы земледелия. Господство этой системы, неспособной обеспечить на полях высоту и устойчивость урожаев культурных однолетних растений, привела к непомерному расширению посевной площади. В свою очередь, расширение посевной площади, происходившее путем распашки природных лугов, привело к уменьшению зеленой кормовой базы.

Таким путем понизилась производительность животноводства, лишенного зеленой кормовой базы, что не могло не отразиться на производительности использования отбросов растениеводства — соломы и пр.— и низвело животноводство на степень навозного. Попытка производства зеленой кормовой массы на полях очень скоро показала свою непроизводительность, и все внимание

было направлено на необходимость коренного улучшения природных и искусственных постоянных лугов.

Но совершенно очевидно, что перепашка луга лишала производство соответственного количества зеленой кормовой массы, и ясно, что потребность в удлинении срока культуры однолетних растений на перепаханном лугу — промежуточная культура — сталкивалась с потребностью сельскохозяйственного производства в зеленой кормовой массе.

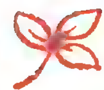
На вспаханном лугу можно было высевать только кормовые растения, не обостряя и без того острого кормового кризиса. Посев кормовых однолетних смесей («мешанок») — вики с овсом или с ячменем, озимой ржи с мохнатой викой, полевого гороха или гороха кормового, пелюшки с овсом или ячменем и других смесей — мог только до известной степени удовлетворить кормовые нужды производства. Но производительной такая культура не могла быть, ибо медленно идущий процесс разложения органических остатков в переполненной ими луговой почве не мог удовлетворить потребности в пище высоких урожаев кормовых мешанок.

Необходимость усилить проникновение в почву кислорода вызвала попытки введения в промежуточную культуру на возобновляемом лугу пропашных кормовых растений в надежде, что повторное рыхление вспаханной луговой почвы усилит разложение органических остатков.

Но в числе пропашных кормовых растений мы имеем корнеплоды и растения, дающие зеленую массу. Корнеплоды снабжают призводство ценным сочным кормом, который, однако, не может заменить зеленого корма. Ботва корнеплодов в свежем состоянии имеет лишь ограниченное очень коротким сроком значение. В силосованном виде она может иметь значение только сочного корма, сушка же ее может быть производительно применена, повидимому, в очень ограниченном числе случаев. То же относится и к пропашным листовым — кукурузе, сахарному и обыкновенному сорго, подсолнуху, кормовой

капусте и прочим. Они могут служить для удовлетворения потребности в зеленом корме, пастбище, дают превосходные сочные корма, но не могут быть производительно использованы как сухой зеленый корм. По этим причинам культура кормовых пропашных с трудом проникает в практику сельскохозяйственного производства. Но главная причина неудовлетворительности значения в луговодстве как однолетних кормовых смесей, так и кормовых пропашных заключается в относительно малой ценности их продукции, которая по существу представляет нетоварный продукт.

Эти особенности луговодства и послужили основанием для полного вовлечения его в органическое слияние с растениеводством в форме *лугового севооборота* травопольной системы земледелия.



*ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ*

## ЛУГОВОЙ СЕВООБОРОТ ТРАВОПОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Одним из мотивов разделения при травопольной системе земледелия всей территории на два севооборота является соотношение распределения по территории района двух групп условий жизни зеленых растений.

Космические условия — свет и тепло — притекают равномерно ко всей площади района. Земные условия — вода и пища растений — перераспределяются неравномерно по той же площади в зависимости от ее рельефа.

Оба процесса отличаются своей *непрерывностью*, что и определяет необходимость *постоянства* и *общности* системы мероприятий, направленной на погашение отрицательного влияния взаимоотношений этих процессов.

В каждой группе условий жизни зеленых растений оба условия, их составляющие, всегда изменяются в согласных направлениях: когда изменяется приток света, в том же направлении изменяется и приток тепла; когда изменяется под влиянием рельефа содержание воды в почве, в том же направлении меняется и содержание в ней пищи растений.

Так как суммарные изменения притока космических условий происходят в порядке изменения географических широт и выходят далеко за пределы размеров территории производственной ячейки, то ясно, что в пределах района нам при-

ходится считаться только с изменением условий влажности и пищи растений, происходящим на постоянном, в пределах времени года и суточных колебаний, фоне притока космических условий.

### НЕОБХОДИМОСТЬ ДВУХ СЕВООБОРОТОВ—ПОЛЕВОГО И ЛУГОВОГО

Если принять во внимание, что культурные растения, в зависимости от отношения в них безазотных и азотсодержащих веществ, степени облиственности и продолжительности их вегетационного периода, делятся на группы, требующие для своего развития малых и больших количеств воды и пищи в единицу времени и за вегетационный период, то станет ясным легкость несовпадения потребности растений в воде и пище с их положением на элементах рельефа при одном севообороте в паровой системе земледелия.

При одном севообороте, охватывающем все элементы рельефа, растения каждой из вышеназванных групп будут в последовательном порядке пребывать на всех трех элементах рельефа — повышениях, понижениях и склонах. И только в одном из этих трех положений каждая группа растений найдет удовлетворяющие ее требованиям условия влажности и питания, позволяющие ей в наибольшей степени и с наибольшей производительностью использовать приток света и тепла. Поэтому при одном севообороте урожай каждого растения на двух третях площади района должен быть ниже того среднего урожая, который оно в зависимости от агрономических приемов его возделывания может произвести на отвечающей его требованиям трети площади.

Очевидно, что с планомерным частичным введением культуры деревянистых растений на водоразделах и с приведением их почв в прочное структурное состояние приблизительно одна треть — самая худшая — будет приспособлена к требованиям культуры однолетних полевых растений. Но на оставшейся

под культурой травянистых растений площади половина ее все-таки будет обречена на приложение непроизводительного труда, потому что при одном севообороте урожай на ней должен быть ниже среднего, а количество труда, вложенного в обработку почвы, уход и уборку урожая, остается одинаковым на всей площади.

Все вышесказанное категорически диктует необходимость разделения всей сельскохозяйственной территории района на две части, сообразуясь с количественным распределением по почвам склонов и низин воды и пищи, и установления на ней *двух раздельных, но построенных на основе государственных плановых заданий, севооборотов — полевого и лугового*. При этом нужно твердо запомнить, что границы господства каждого севооборота не представляются жесткими и могут и должны передвигаться как в сторону полевого севооборота для расширения площади лугового севооборота, так и в сторону лугового севооборота для расширения площади полевого севооборота в зависимости от государственного планового задания, данного хозяйству (колхозу или совхозу). Здесь, безусловно, не может быть никакого произвола: тот севооборот верен, то хозяйство правильно специализируется, которое полностью обеспечивает выполнение государственных плановых заданий.

## РАЗЛИЧИЕ МЕЖДУ ПОЛЕВЫМ И ЛУГОВЫМ СЕВООБОРОТАМИ

Состав двух севооборотов травопольной системы земледелия глубоко различен как по характеру слагающих их культур, так и по принципам восстановления в них условий плодородия почвы.

*Полевой севооборот* слагается из группы однолетних культурных растений, возделываемых преимущественно для получения тех органов их, в которых отлагается запасный материал, необходимый для развития следующего поколения или стадии развития этих растений. В большинстве растений этой

группы запасный материал состоит преимущественно из безазотных веществ при малом участии азотсодержащего вещества. Этим определяются относительно умеренные требования этой группы растений к содержанию воды и пищи в полевой почве.

*Кроме того, растения полевого севооборота не требуют специальной защиты от почвенных вредителей, от так называемого почвоутомления.*

К растениям этой группы — *растениям полевого севооборота — принадлежит подавляющее большинство продовольственных зерновых хлебов*, за немногими исключениями, упоминаемыми ниже. Сюда же относятся все однолетние *зерновые бобовые*, семена которых хотя и очень богаты азотсодержащими соединениями, но которые не представляют исключения по своим требованиям к содержанию в почве воды и пищи по сравнению с зерновыми хлебами, так как их богатство азотсодержащими веществами основано на принципиально различном способе синтеза этих веществ бактериями, усваивающими свободный азот, развивающимися в симбиозе с бобовыми. К этой же группе растений полевого севооборота принадлежат: *пивоваренный ячмень, сахарная свекла и технический картофель*, технологическая ценность которых возрастает с уменьшением в них количества азота.

Восстановление условий плодородия почвы в полевом севообороте травопольной системы земледелия возлагается на травяное поле, которое мы рассмотрели выше и где мы пришли к выводу, что производство в полевом севообороте кормовой зеленой массы как цели культуры неизбежно связано с непроизводительной затратой труда и средств производства. Поэтому полевой севооборот в системе народного хозяйства может служить только основой зерновой продовольственной и экспортной базы и базой производства технического сырья для свеклосахарного, пивоваренного, крахмало-паточного и спиртокуренного производства. Лишь частично своими отбросами полевой севооборот может служить источником сырья в бумажном про-

изводстве, при приготовлении суррогатов строительных материалов и в снабжении животноводства концентрированными и сочными кормами. Также исключительно подсобную роль может играть полевой севооборот при обеспечении животноводства зеленой кормовой массой.

## ЧЕМ ОТЛИЧАЕТСЯ ЛУГОВОЙ СЕВООБОРОТ ОТ ЛУГОВОДСТВА

Те трудности коренного улучшения лугов, на которых мы подробно останавливались в предыдущей главе, совершенно устраняются введением природных лугов в общий хозяйственный оборот растениеводства путем обращения их в организационно связанный с полевым севооборотом отдельных предприятий района (совхозов, МТС и колхозов) луговой севооборот *других самостоятельных или подсобных предприятий того же района* (ферм, отделений). Луговой севооборот вполне поглощает архаическое понятие о луговодстве.

Существенное отличие лугового севооборота от луговодства заключается в том, что расходы по коренному улучшению искусственного луга лугового севооборота легко окупаются ценной и устойчивой продукцией продолжительного полевого периода лугового севооборота в отличие от луговодства, где гораздо бо́льшие расходы по коренному улучшению долгосрочного луга не могут быть погашены менее ценною кормовою массою короткого периода промежуточных культур и значительная часть расходов должна быть погашена дешевой нетоварной кормовой продукцией луга.

Более низкая урожайность и более быстрое падение ее на долгосрочных лугах по сравнению с искусственными лугами лугового севооборота определяются продолжительностью полевого периода лугового севооборота по сравнению с краткостью периода промежуточных культур при долгосрочных лугах.

Переложение погашения части расходов по коренному улучшению постоянного луга на его менее ценную нетоварную кормовую продукцию вызывает необходимость продления времени

его пребывания в состоянии луга. Такое продление оправдывает название постоянного луга, так как неизбежное прогрессивное падение урожаев действительно заставляет растягивать это состояние до 15, даже до 20 лет.

В свою очередь, такое продление пользования постоянным лугом влечет за собой усиленное переполнение дернины луга органическими остатками и утолщение верхней части пласта, неспособной крошиться, далеко за пределы 10 см, определяющих предел возможности применения вспашки плугом с предплужником. Это неизбежное утолщение некрошащегося слоя дернины влечет за собой необходимость непомерных расходов по тяжелой работе многократного дискования и такого же боронования и соответственно растущую трудность их погашения.

Но, кроме того, сильное распыление почвы, вынуждаемое необходимостью применения для коренной вспашки постоянного луга системы вспашки плугом без предплужника, служит сильнейшим препятствием для разложения органических остатков дернины и этим определяет недостаток усвояемой пищи для всех последующих культур. Как следствие последнего явления вытекает необходимость прибегать к искусственным удобрениям под промежуточные культуры на почвах, заключающих колоссальные богатства в виде мертвого непроизводительного запаса.

Все перечисленные выводы представляют одно замкнутое кольцо цепи противоречий, в которой паровая система земледелия заставляет безнадежно вращаться всю систему народного хозяйства.

Из вышеизложенного следует, что существенное отличие лугового севооборота заключается в двух моментах: а) *в расширении стадии промежуточной культуры* до размеров полевого *севооборота* и в *замене* в нем дешевых кормовых растений ценными техническими, продовольственными и наиболее урожайными кормовыми культурами; б) в *сокращении периода постоянного луга* до короткого, но производительного лугового

периода лугового севооборота, или так называемого *луга краткосрочного пользования.*

Кроме того, луговой период служит единственным при современном состоянии агротехники действенным средством борьбы с так называемыми *почвенными вредителями.* Они — причина почвоутомления, и в условиях анаэробиозиса луговой почвы их споры погибают.

### ЗАДАЧИ ПОЛЕВОЙ СТАДИИ ЛУГОВОГО СЕВООБОРОТА

Задачи полевой стадии лугового севооборота сводятся в общем также к двум моментам. Во-первых, от полевой стадии требуется возможно полное разрушение органических остатков луговой почвы, представляющих главную причину быстрого падения количества и качества урожаев зеленой массы на лугу. Второе требование, предъявляемое к полевой стадии, состоит в возможно производительном использовании всего количества зольной и азотной пищи, получающейся при разложении дернины, для получения высоких урожаев ценных полевых растений, могущих погасить *все* расходы по возобновлению луга.

### КАКИЕ КУЛЬТУРЫ ВОЗДЕЛЫВАТЬ ПОСЛЕ ВСПАШКИ ЛУГА

После вспашки дернины искусственного луга лугового севооборота плугом с предплужником начинается энергичное разложение органических остатков дернины. При этом условия питания растений в *первом году после вспашки дернины* резко отличаются от условий следующих годов.

Азотсодержащие органические вещества разлагаются значительно быстрее соединений с малым содержанием азота или совсем его не содержащих. Поэтому, когда в первую после осенней вспашки весну начинается разложение преимущественно белков свежих органических остатков, убитых обработкой и сохранявшихся зимой в замерзшем состоянии, в почве

вспаханного луга сразу образуется чрезвычайное количество минеральных соединений азота. Создается резкий перевес азотного питания над зольным. Нам известно, что такое нарушение равновесия питания приводит к сильному одностороннему развитию и новообразованию вегетативных органов — листьев и побегов, в ущерб органам репродуктивным — семенам. Усиленное развитие большого числа листьев и побегов естественно приводит к сильному удлинению периода роста, и часто растения еще до созревания семян убиваются морозом.

У однолетних злаков наблюдается еще одно явление. Под влиянием избытка азотного питания происходит очень обильное кущение с образованием новых листьев на каждом новом побеге. Понятно, что мощное развитие листьев под влиянием избытка азотной пищи создает условия сильного затенения основания куста. Поэтому, когда наступает несколько запоздавшее под влиянием того же избытка азотной пищи развитие второго междоузлия побегов куста (первое междоузлие побегов помещается в почве ниже узла кущения), оно происходит в условиях затенения. Стебли, развивающиеся в условиях затенения, образуют гораздо более длинные клетки со значительно более тонкими стенками. Поэтому такие выросшие в тени стебли всегда отличаются значительной длиной и обладают гораздо меньшей крепостью, т. е. меньшим сопротивлением на излом, чем стебли, выросшие в условиях полного солнечного освещения. Под влиянием сильного ветра, под тяжестью сильного дождя, под нагрузкой наливающегося колоса такие слабые стебли «полегают». Так как такое полегание всегда связано со смятием второго междоузлия в месте его изгиба, то полегший хлеб уже не может подняться.

Если выросший в таких условиях хлеб не поляжет, то получается *«двурослый»* хлеб с большим количеством *«подгона»*. Это явление обусловливается одновременным развитием стеблей старших побегов, образующих цветочные органы, и продолжающимся образованием новых побегов, образующих цветоч-

ные органы с большим опозданием против старших стеблей. К моменту уборочной спелости старших стеблей в поле будет и большое количество стеблей в более ранних стадиях спелости — получится двурослый хлеб, и может оказаться и большое количество подгона — стеблей, выбрасывающих цветочные органы или находящихся в еще более ранней стадии развития. Ясно, что урожай такого хлеба будет низкий и он будет испорчен неблагоприятными условиями уборки такого хлеба.

Описанное раньше явление захвата, или запала, не исключено в очень сухие годы.

Все вышесказанное *заставляет избегать занятия поля непосредственно после вспашки дернины в луговом севообороте зерновыми хлебами*, в особенности озимыми. Но это нисколько не уменьшает большого значения этого первого после травы поля в народном хозяйстве.

Растения, которые найдут здесь самые лучшие условия для образования наибольшего возможного для них урожая, могут быть подразделены на несколько групп. Выбор же той или иной группы растений, которая должна получить соответствующее место в луговом севообороте, и каждого растения в отдельности зависит исключительно от специализации сельскохозяйственного предприятия (совхоза, колхоза, МТС), от данного ему государственного планового задания.

Мы уже установили раньше, что луговой севооборот представляет зеленую кормовую базу для животноводства — неразрывной отрасли сельскохозяйственного производства. Задачей животноводства является необходимость, ради повышения производительности труда в растениеводстве, преобразовать его объемистые отбросы, содержащие преимущественно термическую потенциальную энергию, в продукты животноводства, содержащие исключительно энергию динамическую.

Совершенно ясно, что тот же принцип максимального повышения производительности труда в животноводстве властно требует понижения себестоимости зеленой кормовой массы, без

которой неосуществимо упомянутое преобразование энергии. Очевидно, такое снижение себестоимости зеленой массы повлечет за собой и снижение цены продуктов животноводства, источника динамической энергии широкого потребления.

Это снижение себестоимости зеленой массы достигается в луговом севообороте тем, что *возможно бо́льшая часть затрат по созданию зеленой массы погашается стоимостью продуктов полевого периода*. Прямой вывод отсюда тот, что продукты полевого периода лугового севооборота должны обладать возможно высокой ценностью.

Продуктами, отвечающими выставленному требованию, являются овощные растения и растения, доставляющие техническое сырье, высоко оплачиваемое вследствие высокой производительности труда в обрабатывающей промышленности, но повторяем, что при выборе растения его высокая оплачиваемость не главное; основное, главное, чем надо руководствоваться при выборе растения,— это выполнение плановых заданий государства.

## Группа овощных растений

Значение овощей в народном питании настолько велико, что описать его в коротких чертах не представляется возможным, и это завело бы нас далеко за пределы задач настоящего труда. Сознание важности этого значения, основанное преимущественно на чисто инстинктивной, почти зоологической потребности разнообразия питания, побудило к созданию кустарной отрасли сельского хозяйства — приусадебного огородничества.

Приусадебное расположение огородных угодий в условиях единоличного землепользования на фоне паровой системы земледелия и патриархального строя хозяйства и при варварских архаических технических приемах культуры, сохранившихся в течение тысячелетий со времени перехода человечества к оседлости и первоначального освоения им территории, привело к

осуществлению наивысшей достижимой непроизводительности труда в этой отрасли сельского хозяйства, совершенно оправдывающей отнесение ее в «экономическую» категорию «трудоемких». Совершенно выродившиеся сорта разводимых растений и, в результате бессменности культур, сплошное заражение огородных овощей паразитными грибными заболеваниями не могут, конечно, способствовать поднятию производительности труда в таком «огородничестве».

Помимо огромного значения продуктов овощной культуры как источников витаминов, они представляют, как сочные корма, и в животноводстве важный источник азотного питания — являются носителями динамической потенциальной энергии.

Из предыдущего ясно, что *лучшее место для растений овощной и силосной культуры представляет первый год полевого периода лугового севооборота*, могущий одновременно обеспечить как их большую потребность в воде, так и высокие требования по отношению к азотной и зольной пище.

Растения овощной культуры можно разделить на несколько групп. Группа листовых — все сорта капуст, салатов, шпинатов — найдет лучшие условия для развития своих вегетативных органов при избытке азотного питания в первом году после вспашки дернины. Совершенно такие же требования предъявляют и все сорта листовой и мозговой кормовой капусты. Группа луковичных заслуживает особенно большого внимания, как употребляемая в сыром виде и как группа микотрофного типа питания, особенно уместная в луговом севообороте.

Группа ароматических и лекарственных растений не может иметь такого общего значения, как предыдущие группы, но в размерах, обусловленных местными нуждами, тоже найдет удовлетворение всем своим требованиям. В отдельных случаях эта группа ароматических и лекарственных растений может иметь и крупное промышленное значение. Такое же значение, как и предыдущая группа, имеет и группа травянистых ягодных растений.

Но особенно большое значение в деле народного питания принадлежит группе *бахчевых*, или *баштанных*, растений вследствие того, что весьма многие из них употребляют в сыром виде [т. е. с сохранением витаминов]. Эти растения принадлежат к двум ботаническим семействам. Из них *тыквенные* имеют особенно большое значение вследствие широты своего распространения. Эта группа включает огурцы, арбузы, дыни, тыкву и кабачки, и сюда же относится люфа, могущая иметь местное промышленное значение. Все эти растения обладают семенами, очень богатыми маслом и белками. Эти семена играют большую продовольственную и кормовую роль и при некоторых условиях могут получить значение маслобойного сырья. Качества семян этой группы определяют ее высокие требования к содержанию в почве воды и азотной и зольной пищи. Объемистые сочные плоды всех тыквенных представляют сильно развитые вегетативные части и также предъявляют те же требования к условиям влажности и пищи, как и семена их. Предъявляемым требованиям в совершенстве отвечают условия первого года после вспашки дернины лугового севооборота плугом с предплужником. Кроме своего диэтического значения, некоторые из этих растений имеют и большое кормовое значение, как, например, кормовые тыква и арбуз.

Второе семейство этой группы — *пасленовые* — представлено прежде всего томатами, или помидорами, пищевое значение которых особенно велико, так как они употребляются в пищу и в сыром состоянии. Сюда же относятся перец и баклажаны. Требования, предъявляемые этими растениями, близки к требованиям предыдущего семейства, так как их урожай также представляет развитые вегетативные части плода. Односторонний избыток азота в почве полезен в производственном отношении, так как он будет подавлять развитие семян, бесполезных в съедобных плодах этих растений, и способствовать развитию их съедобной мякоти.

Кроме огромного продовольственного значения для местного населения, большинство этих растений имеет также плановое значение для питания населения фабричных и заводских центров и как сырье консервного производства.

## Группа масличных и прядильных

Условия водного и пищевого режимов полевого периода лугового севооборота таковы, что полностью отвечают требованиям также и двух групп растений, производящих техническое сырье,— так называемых «технических» растений.

Мы видели, что, за исключением бобовых растений, все однолетние растения, содержащие в семенах большое количество белков и других азотсодержащих веществ, предъявляют значительно повышенные требования к содержанию воды и пищи в почве. Значительное содержание белков в семенах обыкновенно сопровождается значительным содержанием в них масла.

Вместе с тем все растения как этой, так и предыдущей группы усиленно поражаются почвенными вредителями. Это исключает возможность их уплотнения в полевых севооборотах вследствие быстрого наступления *почвоутомления.* Полную гарантию отсутствия этого явления дает только луговой севооборот.

Сказанное целиком характеризует большую группу *масличных* технических культур. Большое содержание белков в семенах всех однолетних масличных ярко иллюстрируется высоким кормовым достоинством их жмыхов, занимающих главное место среди концентрированных, т. е. содержащих преимущественно динамическую потенциальную энергию, кормов. Непригодность жмыхов некоторых масличных растений в качестве корма, например, многих крестоцветных и клещевины, зависит от одновременного содержания в них специфических веществ.

Все однолетние *прядильные*, или «текстильные», растения обладают семенами, содержащими одновременно и значительное количество масла и белков, и жмыхи их представляют такой же ценный концентрированный корм, как и жмыхи предыдущей группы растений. К этому надо прибавить, что у большинства прядильных лубяные волокна, ради которых они возделываются, представляют часть вегетативного органа — стебля, усиленному развитию которого способствует односторонний избыток азота, который одновременно благоприятствует и тонине волокна.

Что касается хлопка, у которого волокно представляет часть оболочки семени, то очевидно, что количественный урожай волокна в пределах одного и того же сорта будет прямо пропорционален урожаю зерна, или, другими словами, урожаю белка, и будет предъявлять к почве те же требования, как и другие прядильные растения.

Среди технических растений есть группа, которая возделывается ради содержащихся в них углеводов. К ней принадлежат *сахарная свекла*, *крахмальный картофель*, *спиртокуренный картофель*, *цикорий и пивоваренный ячмень*. Свекла возделывается ради сахара, и содержание в ней белков понижает доброкачественность сока, уменьшая выход сахара. Крахмальный картофель должен также содержать, по возможности, малое количество белков, в присутствии которых происходит замедление осаждения крахмала из промывных вод. Кроме того, крахмальный картофель, выросший на почве, богатой минеральными соединениями азота, образует большое количество мелких зерен крахмала, очень медленно оседающих из промывных вод, обогащенных растворимыми белками, и поэтому происходят большие потери крахмала, сливаемого с промывными водами. Высокое содержание белков в спиртокуренном картофеле влияет на повышенное содержание сивушных масел в сыром спирте и затрудняет его очистку. Пивоваренный ячмень ценится тем выше, чем меньше содержит белков, так как присутствие боль-

шого количества белков в солодовенном ячмене сильно ухудшает ароматические качества пива.

*Поэтому местом культуры группы перечисленных технических растений не может быть луговой севооборот; они приурочены исключительно к полевому севообороту.*

Исключение представляет технический цикорий, культивируемый ради содержащегося в нем инулина для получения кофейного напитка. Семена цикория богаты маслом и белками, и богатство почвы азотом, повидимому, не вредит техническим качествам его корней. Таковы основания для распределения технических растений между полевым и луговым севооборотами травопольной системы земледелия.

## Группа твердой пшеницы и крупяных

Следующей группой растений, которая вследствие высокого содержания азота в их семенах предъявляет большие требования к содержанию в почве воды и азотной и зольной пищи, являются *твердая* яровая пшеница и *крупяная* группа продовольственных хлебов — крупяной ячмень, просо и крупяной овес.

В этой группе ячмень и овес представляют одновременно и ценные кормовые хлеба. Это назначение их находится в полном согласии с их продовольственной ролью — требования к тем и другим хлебам одни и те же.

Необходимо только сделать оговорку относительно овса. На корнях овса развиваются паразитные черви — *нематоды*, те же, которые представляют причину *свеклоутомления* почвы, развиваясь на корнях свеклы. Поэтому присутствие овса в полевом севообороте, содержащем сахарную свеклу, и в луговом севообороте, содержащем кормовую свеклу, недопустимо, и овес в них должен быть заменен ячменем или яровой пшеницей, не подвергающимися поражению нематодами.

Твердые пшеницы представляют высокоценный экспортный продовольственный товар вследствие высокого содержания в них азота.

Особого внимания заслуживает то, что многие из перечисленных растений, а именно масличный *лен* (кудряш), *просо и твердая пшеница*, представляют растения микотрофного типа питания, что давно дало повод к их объединению в одну группу *пластовых* растений. Особенность типа их питания позволяет им использовать и зольную и азотную пищу, заключающуюся в органических остатках еще не разложившегося пласта дернины. Это свойство, имевшее очень большое значение при приеме простой вспашки дернины и послужившее главной причиной присвоения им названия пластовых, утратило значительную часть своего значения с введением вспашки плугом с предплужником. Однако микотрофизм этой группы пластовых растений связан с другими производственными их особенностями.

Ясно, что наступление энергичного развития микотрофного растения осуществимо лишь с момента обильного развития микоризы, могущей разрушить количество органических остатков, соответствующее потребности зеленого растения в зольной и азотной пище. Соответствующее развитие микоризы, очевидно, потребует известного времени, в продолжение которого количество зольной и азотной пищи, добытое микоризой, будет потребляться преимущественно на развитие самой микоризы.

Развитие же надземных частей зеленого растения будет задержано до тех пор, пока его микотрофная корневая система не разовьется до необходимой степени. Эта задержка развития надземных частей в первое время по выходе проростка на поверхность почвы представляет характерную особенность вышеперечисленных пластовых растений. Очевидно, что указанное свойство представляет слабое место в борьбе пластовых растений с сорняками, как многолетними, так и однолетними. Многолетние сорняки весной развиваются очень быстро на основе

большого запаса пищи, отложенного в их многолетних подземных органах. Однолетние сорняки обладают поверхностной корневой системой, использующей обильные минеральные соединения азота и зольной пищи, образующиеся под влиянием аэробного разложения органических остатков поверхностного слоя почвы. Поэтому однолетние сорняки весной и развиваются очень быстро.

Вследствие сказанного, при разведении на мягких засоренных почвах пластовых растений — льна, проса и твердых пшениц — они требуют обязательной полки, чего можно избежать при культуре этих растений по пласту полевого периода лугового севооборота. Под многолетними травами почва хорошо очищается от сорняков.

Совершенно так же под многолетней культурой луговых трав почва освобождается от зародышей паразитных грибов, обусловливающих так называемое «льноутомление» почвы, и при условии обеззараживания посевных семян льна в полевом периоде лугового севооборота открывается *возможность непрерывной трех-четырехлетней культуры льна.*

## Сочные корма

Последнюю группу растений, встречающих лучшие условия произрастания в полевом периоде лугового севооборота, представляют *растения, дающие так называемые сочные корма.* В эту группу входят растения, разводимые для получения зеленого корма, или силосной массы, или одновременно того и другого. Такими растениями являются кукуруза, сахарное сорго, гаолян и др., дающие одновременно и зеленый корм, и зеленую массу для силоса, и подсолнух, разводимый на силос.

В эту же группу входят кормовые корнеплоды, кормовой картофель и столовый картофель.

Общее свойство этих растений то, что они дают урожайную массу, в которую в большом количестве входит вода, и то, что их хозяйственное значение тем выше, чем значительнее в них

содержание белков. Эта последняя особенность их состава определяет их высокие требования в отношении содержания воды и пищи в почве.

Значительное же содержание воды в их продукции обусловливает необходимость получения очень больших урожаев для обеспечения большей производительности труда по их возделыванию, тем более что все эти растения требуют пропашки почвы во время их развития для усиления аэробного процесса в почве с целью увеличения в ней количества минеральной и азотной пищи.

Вышесказанное определяет то, что производство сочных кормов в полевом севообороте не может обеспечить достижения высшей производительности труда по возделыванию этих растений. Причина этого явления та, что *урожай растений, дающих сочные корма, по меньшей мере в два раза меньше в полевом севообороте по сравнению с урожаями их в луговом севообороте.*

Кроме того, урожай их в полевом севообороте содержит преимущественно безазотные вещества, содержащие в преобладающем количестве термическую энергию. Между тем назначение сочных кормов — служить дополнением к гуменным кормам, в которых слишком односторонне содержание веществ, заключающих термическую же энергию, и все внимание должно быть сосредоточено на содержании в сочных кормах белков, заключающих динамическую энергию.

Это требование животноводства, согласно тому, что вытекает из всего вышеизложенного, может быть удовлетворено только при культуре растений, дающих сочные корма в луговом севообороте. При культуре же этих растений в полевом севообороте мы не только создаем условия, по меньшей мере, вдвое меньшей производительности труда, но и снабжаем животноводство сырьем, качества которого почти диаметрально противоположны предъявляемым к нему требованиям.

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СМЕНЫ КУЛЬТУР ПОЛЕВОГО ПЕРИОДА ЛУГОВОГО СЕВООБОРОТА

Как указывалось выше, последовательность смены культур в полевом периоде лугового севооборота диктуется соотношениями между потребностями их в воде и в азотной и минеральной пище, наличностью этих условий в почве и требованиями плановых заданий конкретного предприятия.

Первый год после вспашки луговой дернины плугом с предплужником требует производительного использования одностороннего избытка азота. Группой растений, наиболее отвечающих этим условиям, несомненно, являются овощные растения, и они во всех случаях должны быть представлены на этом месте. Должен быть только решен вопрос о количественной выраженности присутствия овощных растений.

Культура овощных растений, или, в частности, продовольственных овощных, ароматических, лекарственных, бахчевых и промышленных (хмель, табак, махорка), может стать ведущей культурой хозяйства. Она требует или близости крупных центров потребления — городов, фабричных или заводских центров, или может быть приурочена к плановому распределению консервных заводов и т. д.

В этих случаях весь полевой и отчасти и луговой периоды должны быть приспособлены к ведущей культуре овощных (в широком смысле) растений и занимать полевой период в течение нескольких лет.

Какова бы ни была ведущая овощная культура — продовольственная, промышленная или техническая,— все подсобные сооружения овощной культуры — парники, паровые гряды, силосы, дошники, сушильни и т. д.— должны быть централизованы ради возможности механизации.

После удовлетворения нужд ведущей овощной культуры очень часто остается незанятое пространство поля первого года, и одновременно возникает вопрос о группе растений для

второго поля. Очень часто, основываясь на близости требований к условиям почвы с группой огородных растений, указанные места занимают растениями, дающими сочные корма,— корнеплодами и силосными растениями. Это помещение пропашных растений, по возможности, ближе ко времени вспашки дернины представляет пережиток прежнего луговодства. Там оно вынуждалось невозможностью применения предплужника при вспашке постоянных лугов и вынужденным вследствие этого распылением почвы дисками и боронами. Бесструктурность почвы и вынуждала применение пропашки с целью поддержания вентиляции почвы, необходимой для аэробного разложения дернины. Вспашка плугом с предплужником делает пропашку излишней и занятие поля растениями, дающими сочные корма, непроизводительным.

С таким использованием рассматриваемого периода можно до известной степени согласиться только при специально узко животноводческом направлении хозяйства, осуществимом лишь в ближайшем соседстве с крупными населенными центрами. При этом нужно оговориться, что даже в этих условиях подобная узкая специализация хозяйства всегда отражается на понижении производительности труда, а следовательно, и на повышении себестоимости продуктов животноводства.

В тех случаях, когда нет причин исключительного порядка, заставляющих в некоторой степени делать уступку в общем направлении к достижению максимальной производительности труда, *занятие* [поля] *первого года* после вспашки дернины плугом с предплужником *пропашными* растениями *следует считать ошибкой.*

В условиях культурной вспашки луговой почвы пропашка с целью повышения активности аэробной жизни в почве не только излишня, но и вредна. Она настолько увеличивает темп минерализации органических остатков, разрушая умеряющее влияние поверхностного аэробного слоя, что создает избыток растворимых в воде минеральных соединений зольной пищи

и преимущественно азота, которые не успевают усваиваться растениями и легко выщелачиваются из луговой почвы.

Для дыхания корней пропашка значения не имеет, так как корни дышат посредством аэренхимы. Пропашка нужна исключительно с целью окучивания злаковых силосных растений (кукуруза и др.).

Ясно, что работа пропашки и во втором поле лугового севооборота будет непроизводительна и повлечет бесполезную потерю зольной и азотной пищи.

*Поэтому* [поле на] *второй год* после вспашки дернины лучше всего занимать ведущими растениями, могущими полностью использовать благоприятные условия. На основе планового задания и специализации такими растениями являются *прядильные растения*. Наиболее широким климатическим ареалом распространения пользуется *конопля*, область культуры которой распространяется почти от полярного круга и доходит до тропика. Очень высокая потребность конопли в азотной и зольной пище закрепляет за ней место в первом поле лугового севооборота после травы, не занятое продовольственными огородными или силосными, и конопля может беспрепятственно следовать сама за собой и на второй год после травы. Нужно добавить, что травяной период лугового севооборота совершенно обеззараживает почву от заразихи. Лен также может следовать тотчас после травы и может высеваться до четырех лет подряд на одном и том же поле при условии обеззараживания посевного материала и с риском лишь небольшого понижения урожая в последние годы, с чем можно бороться небольшим загущением последних посевов и соответствующим удобрением. Травяной период лугового севооборота совершенно очищает почву от льняной повилики и грибов льноутомления почвы.

В более южных районах прядильным растением, могущим заменить лен, является *кенаф*.

Что касается кенафа, то он, повидимому, мало отличается по особенностям своей культуры от льна, и можно думать, что

он способен при соблюдении тех же условий следовать не менее четырех раз сам за собой.

Что касается кендыря и рами, то недостаток хозяйственного опыта с ними в пределах Союза заставляет воздерживаться от обсуждения их культуры.

В наиболее южных частях Союза выдающееся место среди прядильных растений занимает *хлопок.* Почти всемирный опыт по культуре хлопка позволяет в категорической форме утверждать, что *лучшим местом* для его культуры как в условиях поливного, так и бесполивного хозяйства будет поле, *непосредственно следующее за вспашкой дернины.* Хлопок при соответствующем району его культуры удобрении может занимать то же поле в *течение пяти лет, следуя за собой в виде бессменной культуры* без риска снижения урожая.

В условиях поливного хозяйства культура хлопка в полевом периоде лугового севооборота служит единственной гарантией отсутствия риска вторичного засоления почвы и представляет едва ли не единственный способ вовлечения в культуру солонцов и солончаков.

Кроме того, введение травопольной системы земледелия в условиях поливного хозяйства представляет могучее средство к уменьшению норм полива и, следовательно, к расширению культурной площади. Но вопросы поливного хозяйства настолько сложны, что выходят за пределы настоящего труда.

*Следующее место* в порядке последовательности *после прядильных* занимают *масличные.*

Среди масличных растений в порядке их требовательности следует отметить *мак, подсолнух и лен-кудряш.* Мак предъявляет высокие требования к чистоте почвы вследствие мелкости своих проростков, поэтому его следует помещать ближе к началу полевого периода. Как мак, так и подсолнух предъявляют высокие требования к содержанию пищи в почве, поэтому они разводятся в качестве пропашных растений с целью ускорить темп разложения более старых органических остатков дернины.

Лен-кудряш предъявляет меньшие требования к содержанию пищи, особенно азотной, по сравнению с долгунцом, но, как растение микотрофное, также легко заглушается сорняками, и его предпочтительно разводить ближе к началу полевого периода. Остальные масличные — рапс, горчица, сурепка, рыжик — не представляют заслуживающих особого упоминания особенностей. Повидимому, все масличные могут следовать сами за собой и друг за другом чаще одного раза.

Таковы растения, которые могут производительно использовать условия первых годов полевого периода лугового севооборота.

Дальнейшее использовние полевого периода лугового севооборота может осуществляться культурой остальных трех групп растений, о которых упоминалось выше. Порядок последовательности их определяется плановым заданием хозяйству.

Из зерновых продовольственных и кормовых хлебов заслуживают помещения в полевом периоде лугового севооборота *яровая твердая пшеница*, *пластовое* (червонное, оренбургское) *просо*, *ячмень* (не пивоваренный) и *овес*. Первые два хлеба, как содержащие очень большое количество белков и в особенности как растения микотрофные, чрезвычайно чувствительные к засоренности почвы и требующие большого количества органических остатков в почве, должны занимать место, возможно близкое к началу полевого периода. Если технических растений почему-либо не сеют или сеют на меньших площадях, то и *лучшее место для этих хлебов непосредственно вслед за овощебахчевым полем*. В начале полевого периода твердая яровая пшеница может следовать сама за собой до трех раз подряд, пластовое просо — до двух раз.

Что касается ячменя и овса, то они безразлично относятся к своему положению в севообороте. По отношению к овсу еще раз следует сделать оговорку, что в случае присутствия в полевом периоде лугового севооборота кормовой или столовой свек-

лы овес не может предшествовать свекле, даже с перерывом другими полевыми культурами, и в этом случае он может только замыкать севооборот, являясь превосходным покровным растением для посева многолетних трав. Трехлетнее пребывание многолетних трав служит достаточной гарантией обеззараживания почвы от нематод, которые легко заносятся в почву при культуре овса и служат одной из главных причин «свеклоутомления» почвы.

*Предпоследнее место* в полевом периоде лугового севооборота хорошо отвечает *культуре кормовых корнеплодов и картофеля.* Разведение корнеплодов при избытке в почве азотной пищи сопряжено с риском непроизводительной потери азота. Кроме того, односторонний избыток азотной пищи приводит к вредному удлинению вегетационного периода и к уборке корнеплодов и картофеля в неспелом состоянии, т. е. при еще вполне жизнеспособной ботве.

При таком состоянии ботвы значительное количество углеводов и белков не успело еще передвинуться из нее в корни или клубни. Подобная неспелость ботвы и представляет причину неполного использования почвенного азота и бесполезного вымывания его осенними дождями из почвы.

Кроме того, остающееся в ботве количество углеводов и белков не может быть производительно использовано. Большое содержание в такой ботве питательных веществ и особенно белков, носителей динамической энергии, делает ее ценным кормом. Но использование ее как зеленого корма связано с неизбежной мойкой ее. Скармливание ботвы, загрязненной почвой, неминуемо вызывает тяжелые кишечные заболевания животных — повальный понос, губительно отзывается на производительности стада всякого направления и в сильной степени снижает качество всех продуктов животноводства.

Мытье ботвы, независимо от степени его механизации, представляет излишний накладной расход, отягчающий заготовительную стоимость корма. Та же тщательная мойка обязательна

и при силосовании ботвы. В этом случае расход еще большей величины, определяемый необходимостью просушки ботвы перед ее закладкой в силос, ложится на стоимость корма низшей ценности, так как часть питательных веществ силосуемого материала разрушается при брожении силоса.

Поэтому более производительным будет дать пластическому материалу ботвы передвинуться в корни и клубни и убрать их в состоянии полной спелости, т. е. когда ботва их начнет блекнуть и завядать.

Это трудно достижимо при одностороннем избытке азота в почве.

Зимнее хранение неспелых корнеплодов и картофеля сопряжено со значительным поражением их рядом грибных заболеваний, что особенно резко выражается в заболевании картофеля мокрой гнилью. Все, вместе взятое, говорит за то, что *наиболее производительным использованием ботвы будет уборка вполне спелых корнеплодов и картофеля и запашка ботвы в почву.*

После 4—5 лет культуры растений, переносящих избыток азота или даже требующих его, азот весь будет использован, и корнеплоды и картофель можно культивировать без тяжелой необходимости использования ботвы для силоса. Ботва как отброс, не имеющий кормовой или технической ценности, может быть свободно запахана в почву.

Занятие этого места в севообороте пропашными имеет еще одно основание. Совершено ясно, что чем менее ценным является продукт, собираемый с поля, тем большее значение приобретает абсолютная величина его урожая. Сказанное в одинаковой мере относится как к урожаю сена или травы, так и к корнеплодам. Поэтому мы, как правило, помещаем траву в севообороте как можно ближе к удобрению. Внесение удобрения непосредственно под покровное растение, под которое будет посеяна трава, встречается с краткостью весеннего периода до посева покровного растения. Осенняя или зимняя вывозка удобрения неприем-

лема вследствие неизбежных потерь путем выщелачивания. Поэтому *лучшим местом для внесения удобрения в рассматриваемом случае является корнеплодное поле.* Корнеплоды всегда высеваются поздней весной или высаживаются рассадой. Время между окончанием сева ранних яровых и поздних посевов или посадкой корнеплодов представляется благоприятным для вывозки удобрения. Для удобрения корнеплодов и следующих за ними трав лучшим является вполне перепревший, до состояния землистой массы навоз, приготовленный путем аэробного брожения. Его свойства делают применимыми приемы механизации его нагрузки, перевозки и распределения. Пропашка корнеплодов позволяет достигнуть весьма равномерного распределения элементов пищи, и почва после корнеплодов приобретает свойства равномерности и чистоты, необходимые для посева трав. Вместе с тем навоз, вывозимый в такой форме, представляет полное удобрение, не внушающее опасений одностороннего избытка азота и гарантирующее очень большие урожаи кормовых корнеплодов и картофеля высоких кормовых качеств, совершенно спелая ботва которых может быть без всяких потерь запахана в почву.

Наконец, *последним растением, заканчивающим полевой период лугового севооборота и начинающим его луговой период, является покровное растение с подсевом под него луговых трав.*

Но прежде чем перейти к рассмотрению лугового периода лугового севооборота травопольной системы земледелия начиная с его первой фазы — покровного растения, необходимо осветить вопрос о продолжительности полевого периода.

## ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПОЛЕВОГО ПЕРИОДА

Вопрос о продолжительности полевого периода лугового севооборота стоит в прямой зависимости от длины его лугового периода.

Основываясь на целевой установке — на специализации хозяйства, часто стараются при организации его продлить полевой период за счет сокращения лугового периода. Такое стремление может привести к понижению производительности труда — совершенно так же, как к тому же результату приводит стремление к возможно большему продлению времени пользования лугом. При этом надо помнить, что большая разница в стоимости продуктов лугового и полевого периодов приводит к тому, что относительно, или процентно, одинаковое понижение урожайности луговых и полевых угодий лугового севооборота приводит к значительно большему понижению производительности труда в полевом периоде. Эта абсолютная величина потерь производительности труда получает уже очень большое выражение при крупном коллективном землепользовании.

Очень часто приводят в защиту сокращения лугового периода соображение, заимствованное из экономики мелкого единоличного хозяйства, что расширение луговой площади вынуждает введение в организацию хозяйства животноводства, которое может в известных условиях оказаться непроизводительным. Подобные соображения не могут быть переносимы в область *крупного* социалистического строительства. И нужно твердо усвоить, что достижение максимальной и устойчивой производительности труда в растениеводстве возможно только при условии переделки его отбросов в продукты животноводства на базе зеленой кормовой площади, которая одновременно служит и для достижения тех же результатов при получении основных продуктов сельскохозяйственного производства.

Если вспомнить, что существенным свойством луговой растительности является ее способность к непрерывному накоплению органических остатков в почве луга и что накопленная попутно зольная и азотная пища служит основой возделывания наиболее ценных растений полевого периода, то станет совершенно ясной взаимная зависимость продолжительности обоих

периодов. Рядом с этим нужно помнить, что чистота почвы вспаханного луга от полевых сорняков, обезвреживание почвы от спор паразитных грибов и от животных вредителей также находится в прямой зависимости от продолжительности пребывания ее под травой. Наконец, неизбежное падение производительности полевого периода при сокращении лугового периода неминуемо вызовет более частую повторяемость того и другого. Это повлечет за собою распределение значительных затрат по возобновлению лугов на более короткий срок их пользования и погашения и увеличит значимость риска этих затрат. Понятно, что эти моменты не могут не оказать влияния на понижение производительности труда во всем производстве.

## ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЛУГОВОГО ПЕРИОДА

Как вывод из всего сказанного следует, что *продолжительность лугового периода*, в зависимости от специализации хозяйства, *не может быть сокращена более чем до четырех лет.* При дальнейшем сокращении разница между луговым и полевым севооборотами будет стираться. Культура требовательных растений в луговом севообороте будет уже мало отличаться по своей производительности от культуры их в полевом севообороте. За двумя севооборотами останется только одно преимущество — уменьшение разницы между потребностями растений полевого периода в воде и природными условиями влажности различных полей одного севооборота, зависящими от их положения на разных частях рельефа.

Часто приводится соображение, что зеленая кормовая масса может быть доставлена из других районов, специализированных на ее производстве. Но производство зеленой массы не может быть производительным без периодического коренного улучшения луга, и ясно, что хозяйство, специализированное на производстве одной зеленой массы, обречено на низкую производительность труда совершенно так же, как хозяйство с

недостаточно развитым луговым севооборотом. Такого рода хозяйство ни в какой мере не может претендовать на социалистическую плановость, конечной целью которой может быть только достижение наибольшей производительности труда.

К такому же понижению производительности труда во всем производстве приводит и непомерное увеличение продолжительности лугового периода. Через 6—7 лет пользования искусственным лугом урожаи травы на нем начинают падать, и на 9—10-м году пользования колебания величины урожаев приобретают характер стихийных колебаний. Необходимо отметить, что наступающие стихийные колебания урожаев таких старых лугов могут принять противоположные направления в зависимости от характера почв окружающих полей. В случае легких проницаемых почв вышележащих полей ток почвенной воды, стремящейся к лугу, будет более быстрым и в малодождливые годы будет легко прерываться. Величина урожая луга будет аходиться в прямой зависимости от частоты выпадения дождей. В случае же, когда почва лежащих выше полей тяжелая, влагоемкая и ток почвенной воды в ней замедлен, то при частых дождях почва луга будет беспрерывно снабжаться водой. Вследствие непроницаемости почвы запущенного луга для воды она будет стекать непрерывным током по поверхности луга. Аэробный процесс на поверхности луга будет подавлен, и урожай луга в дождливые годы будет сильно понижен. Однако и в том и в другом случае колебания величины урожаев луга будут велики и будут зависеть в прямом или обратном отношении от частоты выпадения дождей, т. е. приобретут характер стихийности. Кроме того, продолжительное пребывание почвы под лугом неминуемо влечет за собой прогрессивное утолщение верхнего слоя дернины, неспособного крошиться. Применение вспашки плугом с предплужником становится невозможным, и ее приходится заменять вспашкой простым плугом с дальнейшим дискованием и боронованием, последствия чего были разобраны выше.

По этим причинам *пользование искусственным лугом свыше 7—8 лет обычно приводит к резкому снижению производительности труда.* Исключения могут быть только на почвах одностороннего механического состава — грубопесчаных и хрящевых, вся система использования которых отличается от хозяйства на почвах среднего состава и изложение которой не входит в задачи настоящего труда.

Таким образом, вопрос о продолжительности лугового и полевого периодов лугового севооборота должен решаться, безусловно, на основе государственных плановых заданий каждого хозяйства в отдельности и района в целом, руководствуясь в пределах возможности вышеуказанными агротехническими основаниями. *Продолжительность лугового периода может колебаться в агротехнических пределах от 4 до 6—7 лет пользования. В соответствии с указанными сроками и полевой период может продолжаться от 4 до 6—7 лет.*

## О ЧИСТОМ И ПОКРОВНОМ ПОСЕВЕ ЛУГОВЫХ ТРАВ

Вопрос о способе посева луговых трав чистым посевом или под покровное растение, а следовательно, и о растении, закрывающем полевой период, представляет скорее вопрос луговодства, а не лугового севооборота. Против покровного растения при возобновлении луга выставляется главным образом то соображение, что в условиях луга покровное растение «обыкновенно» полегает. Создаются условия затенения и застоя воздуха, неблагоприятные для развития нежных мелких проростков луговых трав, и покровное растение приходится убирать преждевременно на сено. На этом основании и выработали специальный прием посева.

Покровным растением выбирается овес, как дающий лучшее сено в сравнении с другими полевыми злаками. Овес высевается очень густо — 2 — 3 ц на гектар — в расчете получения большой тонкостебельной массы. После посева овса высеваются травы. Когда овес достигает стадии выметывания

метелки, он скашивается и высушивается на сено. Более поздняя стадия уборки овса на сено неприемлема по ряду соображений: слишком увеличивается риск полегания овса и ухудшения условий развития подсеянной травы. Сено овса, скошенного в более позднем возрасте, уже содержит зачатки семян. Это влияет на уменьшение кормового достоинства листовой и стеблевой массы и, кроме того, вызывает неминуемую порчу всего сена мышами. Мыши в поисках лакомых зачатков зерен пронизывают всю массу сена ходами, сообщают ему специфический запах, и скот такого сена не ест.

Такой прием выработался в луговодстве. Из того, что изложено раньше, вытекает, что опасность полегания — следствие одностороннего неиспользованного избытка азота. Стремление же занять период предварительной культуры кормовым растением принадлежит к рассмотренным недостаткам луговодства как самостоятельной отрасли производства. Кроме того, ранняя уборка густого посева овса совпадает с ранней стадией развития проростков травы, выросших при затенении густым травостоем овса. Уборка овса и особенно процесс сушки овсяного сена наносит огромный вред ослабленным проросткам травы, которые на местах стояния копен овсяного сена чаще всего совершенно погибают. Это вынуждает длительную и не поддающуюся механизации работу подсева травы на местах стояния копен и вокруг стогов, где трава также уничтожена массовым подвозом сена к стогам.

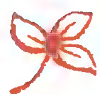
Непроизводительность такой работы, даже в условиях мелкого единоличного хозяйства, привела к усиленной рекомендации посева трав без покровного растения, так называемым «чистым посевом». Этот совет подкрепляется еще тем соображением, что за короткий период предварительной культуры, особенно при наличии пропашных растений, луг не успеет засориться.

Все вышеприведенные соображения совершенно отпадают при правильной организации лугового севооборота. Односто-

ронний избыток азота производительно использован, и необходимость культуры зеленой кормовой массы в полевом периоде устраняется организационным расчетом продолжительности лугового периода. Потеря же целого года производительного использования площади одного поля полевого периода настолько ясно противоречит принципу повышения производительности труда в сельскохозяйственном производстве, что останавливаться на этом моменте излишне.

В луговом севообороте практикуется такой же посев трав под покровное растение, как и в полевом севообороте. Выбор покровного растения определяется исключительно плановым направлением хозяйства, и роль покровного растения может играть любое непропашное растение, уборка которого не связана с неизбежностью глубокого разрыхления почвы. Таким растением может быть любой зерновой злак, любое зерновое бобовое, если оно не убирается тереблением. В северных районах Союза распространен посев трав под лен, и, повидимому, уборка льна тереблением не оказывает сильного отрицательного влияния на посев смеси тимофеевки с клевером, но отсутствие систематических наблюдений не позволяет твердо высказаться за или против этого приема.

Покровное растение заканчивает полевой период лугового севооборота, за которым следует его луговой период.



*ГЛАВА ПЯТАЯ*

# ЛУГОВОЙ ПЕРИОД ЛУГОВОГО СЕВООБОРОТА

Прежде чем говорить о составе смеси луговых трав в луговом периоде лугового севооборота, нужно предпослать краткую хозяйственную характеристику тех растений, которые, исходя из интересов выполнения государственных плановых заданий, могут войти в состав смеси искусственного луга.

## ТРИ УСЛОВИЯ ПРИ ВЫБОРЕ СЕМЯН

Из большого числа ботанических видов растений, составляющих флору природных лугов, мы ограничиваемся лишь небольшим списком, руководствуясь несколькими моментами.

Понятно, что на первое место следует поставить хозяйственную годность растения. *Хозяйственная годность кормового растения слагается из двух моментов — урожайности его и кормового достоинства.*

На втором месте приходится поставить возможность приобретения семян путем покупки, так как заготовка их в хозяйстве связана со специальным семенным направлением хозяйства и требует при этом сложного и дорогого оборудования, которое возможно производительно использовать лишь в крупном масштабе. При заготовке семян луговых злаков кустарным способом качество посевного материала получается ниже среднего.

На третьем месте нужно поставить пригодность травы в различных климатических условиях.

Раз зашла речь о семенах луговых злаков, необходимо указать на зияющий пробел в этом отношении в СССР. Подавляющее количество имеющегося в продаже в Союзе семенного материала *луговых* злаков и бобовых — иностранного происхождения и выращивается преимущественно в условиях полевого севооборота, за исключением английского райграса английского происхождения и лугового мятлика американского происхождения [11]. Многие семена выращиваются в условиях поливного хозяйства.

При культуре *луговых* злаков на семена в условиях *полевого* севооборота, в котором получается большая масса семян, происходит массовый, почти бесконтрольный природный отбор рас, более приспособленных к условиям влажности полевых угодий и представляющих материал ниже посредственного при посеве на лугу. Помимо этого, даже лучшие семена заграничного происхождения, выращенные в узких климатических границах Западной Европы, могут лишь в очень ограниченных пределах отвечать разнообразию климатических условий на беспредельных пространствах Союза ССР в меридиональном, широтном и высотном направлениях.

*Вопрос о немедленном создании семхозов семян луговых злаков и бобовых, распределенных в плановом порядке по территории Союза, представляет один из наиболее актуальных вопросов с точки зрения разрешения животноводческой проблемы к концу второй пятилетки. Иначе недостаток семян луговых злаков и бобовых может в недалеком будущем оказаться препятствием в деле создания прочной кормовой базы для развивающегося социалистического животноводства.*

Если положить в основу при выборе семян и выполнении государственных плановых заданий упомянутые выше три признака: 1) хозяйственную годность, 2) возможность приобретения семян и 3) приспособленность растений к климатическим

условиям района, то *из длинного списка растений луговой флоры останется не больше 15 видов.*

## КАКИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ НУЖНО ИСКЛЮЧИТЬ

Нельзя, однако, не обратить внимания на причины такого значительного сокращения списка растений по сравнению со встречающимися в старых трактатах по луговодству Из списка выпало значительное количество растений, семена которых фигурируют в оптовых и розничных каталогах торговцев семенами луговых трав и попали по незнанию в учебники, хотя эти растения не имеют положительных производственных свойств.

Все исключенные растения можно разделить на несколько групп. К первой группе относятся два растения — ланцетный подорожник (Plantago lanceolata L.) и луговой василек (Centaurea jacea L.). Оба растения представляют тягостные сорняки, первый — на клеверных полях, второй — на лугах. При очистке семян клевера и семян луговых трав семена этих сорняков накапливаются массами, и их следует возможно скорее ликвидировать. Кормовое достоинство их равно нулю, несмотря на «авторитетные» утверждения некоторых ученых об их пригодности.

Вторая группа обнимает растения пряные и ароматические. К ним относятся тмин (Carum carvi L.), тысячелистник (Achillea millefolium L.), душистый колосок (Anthoxanthum odoratum L. и A. aristatum Boiss.— A. Pulii Lecog et Lamotte) и зубровка (Hierochloe odorata Wahlb.). Семена этих растений рекомендуют прибавлять в «умеренном» количестве ко всякой смеси трав для придачи сену аромата. Тмин и тысячелистник представляют тягостные сорняки на сухих лугах, и мотивы их исключения из списка полезных трав те же, что и для первой группы. Правда, семена тмина представляют ценную пряную приправку, но растение тмина совершенно лишено каких бы то ни было ароматических свойств. Помимо того, тонко рассе-

ченные листья тмина и тысячелистника при уборке сена осыпаются, и голые их стебли приобретают в сене вид «палок», о которые скот напарывает морду и выкалывает глаза. Из других двух растений зубровка, или чаполоть (чаполочь, как ее называют в черноземной полосе Союза), получила печальную известность как тягчайшая сорная трава пырейных перелогов. Скот к ней не притрагивается, повидимому, вследствие ее «аромата». Тот факт, что алкоголики высоко ценят этот «аромат» зубровки, повидимому, не служит достаточно убедительным доказательством его полезности для скота. Душистый колосок — тоже не поедаемое скотом растение; его несъеденные желтые спелые метелки резко выделяются на фоне выбитого пастбища — отсюда он и получил свое название.

Третья группа подлежащих исключению растений распадается на две подгруппы — бобовых и злаков. Как та, так и другая включают как однолетние, так и многолетние растения.

К бобовым принадлежат: хмелевидная люцерна (Medicago lupulina L. и M. minima Bartl.) — однолетнее растение; донник (Melilotus albus Desr. и M. officinalis Desr.)— однолетнее растение; заячий клевер (Anthylis vulneraria L.) — многолетнее растение и американский однолетний красный клевер (Trifolium pratense L.).

Первоначальным назначением всех этих семян была *фальсификация семян европейского красного клевера*, и об этом, конечно, не писалось в оптовых каталогах. Когда союзом европейских контрольных семенных станций были приняты решительные меры против массовой фальсификации семян красного клевера, почти все эти семена перекочевали в розничные каталоги в качестве рекомендуемых кормовых трав, разделив между собой Европу и Америку как «сферы влияния». Европа досталась хмелевидной люцерне и язвеннику, не имеющим никакого хозяйственного значения. Америка была предоставлена доннику и однолетнему красному клеверу. «Американский» красный клевер подвергся сильному преследованию со стороны

европейских контрольных станций благодаря своей засоренности крупнозерной повиликой (Cuscuta arvensis L. и C. racemosa Mart.) и неосведомленности о расах американских клеверов. Наичаще Америка направляла расу гигантского *однолетнего* красного клевера (mamouth red clover), которая в Европе, по недоразумению, высевалась как многолетний клевер с очевидными последствиями. Между тем эта раса представляет превосходную, рано достигающую укосной спелости кормовую траву, могущую занять видное место в соответствующей системе хозяйства. Необходимо упомянуть о ряде беззастенчивых попыток эксплуатации беззащитных сельских хозяев, например о чине Вагнера (Lathyrus silvestris — L. Wagneri P. W.), продававшейся по цене 1 руб. за 5 зерен, действительно дающей огромные урожаи зеленой массы. Но даже голодный скот не притрагивается к ней ни в сухом, ни в свежем [ее] состоянии.

Группа злаков также включает в себя несколько видов: щучка (Deschampsia caespitosa P. B.— Aira caespitosa L.), проволочник (Deschampsia flexuosa Trin — Aira flexuosa L.) яркое название которого заменялось в каталогах более мягким— «луговик гибкий», хотя «луговик» представляет синоним «щучки»; медовая трава (Holcus mollis L.), мятлик многоплодный (Poa fertilis Host.— P. palustris L.), словом «многоплодный» заменялось неудобное слово «болотный»; лисохвост полевой (Alopecurus myosuroides Huds.— A. agrestis L.), костер мягкий (Bromus mollis L.— B. hordeaceus L.) и костер полевой (Bromus arvensis L.).

Из этих злаков семена щучки, проволочника, медовой травы и полевого лисохвоста предназначались исключительно для фальсификации семян лугового лисохвоста, семена болотного мятлика — для фальсификации семян лугового мятлика. Семена костра мягкого и костра полевого просто накоплялись массами при очистке от них зерновых хлебов и льна, среди которых они вместе с полевым лисохвостом играют роль злейших сорняков. Полевой костер свирепствует в СССР — в Западной

и Ленинградской областях — и широко известен под названиями «костерь» и «брыца». Из всех перечисленных растений только щучка и оба костра имеют значение ниже третьестепенного корма, остальные совершенно непоедаемы.

## КАКИЕ ВИДЫ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВ МОГУТ ВХОДИТЬ В СМЕСЬ

Среди многолетних злаков, удовлетворяющих всем требованиям лугового травосеяния, нужно поставить следующие.

*Луговая овсяница* (Festuca pratensis Huds.). Широко распространена по СССР. Не отличается очень высоким ростом (100—120 см), но образует густой травостой с хорошо развитыми прикорневыми листьями. Образует обильные метелки и обильно плодоносит, плоды не сыпучи. В кормовом отношении безукоризненна. Превосходно отрастает и во втором укосе занимает преобладающее место, после чего дает еще обильную отаву. Пастьбу переносит отлично и быстро отрастает. К холодам, как зимним, так и во время вегетации, и к толщине снегового покрова относится безразлично. Длительные перерывы водоснабжения сильно снижают ее урожай. Продолжительность жизни — до 7—8 лет. Максимального развития и урожайности достигает на третий год пользования. Трогается весной в рост не очень рано.

*Луговой мятлик* (Poa pratensis L.) лишь немногим уступает луговой овсянице. Он пользуется еще более широким природным распространением. В высоту достигает 100—120 см и обладает очень обильным количеством прикорневых листьев. Хорошо плодоносит, и плоды его не сыпучи. Кормовое достоинство безупречно. После укоса не дает цветущих стеблей и во втором укосе участвует в качестве низовой очень обильной травы. Представляет одну из лучших *пастбищных* трав. Не чувствителен к морозам и летним холодам. Мало чувствителен к засухам. Продолжительность жизни больше 10 лет.

Максимальных урожаев достигает на третий год пользования. Начало весеннего развития раннее.

*Тимофеевка* (Phleum pratense L.). Широко распространена по Союзу. Достигает высоты 100—110 см. Хорошо облиствена. Продолжительность жизни 5—6 лет. Наибольшие укосы дает на 2—3-й годы пользования. Весной начинает развиваться позже предыдущих Требовательна к постоянству условий влажности. Не чувствительна к зимним морозам и к глубине снегового покрова. Хорошо отрастает после раннего укоса, но плохо после поздних укосов. Хуже предыдущих отрастает на пастбищах. Сено ниже предыдущих по кормовому достоинству. Легко деревянеет при запоздании укоса. Дает обильные плоды, очень прочно сидящие и несыпучие. В продаже имеется очень много рас, из которых американские обладают плодами, легко освобождающимися от пленок.

*Луговой лисохвост* (Alopecurus pratensis L.). Очень требователен к влажности почвы и поэтому не пользуется широким распространением. В высоту достигает 80—100 см. Стебли покрыты богатой листвой. Отличается продолжительностью жизни — свыше 10 лет. Наибольшие укосы дает на 3—4-м году пользования. Весной начинает развиваться раньше всех посевных многолетних злаков. Очень рано достигает укосной спелости, после чего плоды его очень быстро созревают и становятся очень сыпучими. Легко отрастает после *пастьбы*. В условиях, отвечающих его высоким требованиям к влажности, дает два укоса и хорошую отаву. Засуха действует на него губительно. При запоздавшем укосе дает грубое и малопитательное сено и легко вытесняет другие злаки. Своевременно убранное сено обладает безупречным кормовым достоинством.

*Белая полевица* (Agrostis alba L.). Представляет разнообразие форм. Лучше других американских — «гигантская». Из западноевропейских источников иногда получается форма с надземными ползучими побегами, не имеющая хозяйственного значения. По высоте сильно колеблется — от 100 до 180 см,

в зависимости от расы и условий влажности, к которым очень чувствительна. Стебли хорошо облиствены. Продолжительность жизни 6—8 лет. Наибольшей производительности достигает на 2—3-й годы пользования. Весной начинает развиваться рано, но стебли вначале развиваются медленно. После цветения быстро деревянеет. После укоса отрастает очень быстро и при раннем укосе всегда дает второй укос. Способность отрастать делает ее особенно ценною *для пастбищ*. Хорошо переносит морозы и не отзывчива на глубину снегового покрова. Очень хорошо отзывается на частые дожди вследствие небольшой глубины своей корневой системы. Своевременно убранное сено обладает высоким кормовым достоинством. Семена сыпучи.

*Ежа* (Dactylis glomerata L.). Пользуется широким распространением по всему Союзу. Образует большие кусты прикорневых листьев и высокие, до 100—120 см, хорошо облиственные стебли. Продолжительность жизни 6—7 лет. Наибольшая производительность на 3—4-й годы пользования. После раннего укоса отрастает быстро и всегда дает второй укос. После цветения созревает чрезвычайно быстро и еще быстрее деревянеет. Дает обильные семена, очень плотно сидящие в метелке. Сено раннего укоса хорошего кормового достоинства, при позднем укосе кормовое достоинство сена ниже среднего. Несмотря на быстрое отрастание, *для пастьбы не годится*, так как кусты ее легко выдергиваются, и почва, попадая в кишечник животных, вызывает поносы. Вымерзает при сильных морозах и недостаточной толщине снегового покрова.

*Французский райграс* (Arrhenatherum elatius M. et K.). Сильно распространен в европейской части Союза. Достигает значительного роста, 150—180 см, с хорошо развитыми листьями, особенно прикорневыми. Продолжительность жизни 3—4 года. Максимальной производительности достигает в первый и второй годы пользования. Весной начинает развиваться рано и зацветает рано. Созревание его очень падучих семян происходит очень быстро. Уже во время цветения стебли его сильно

деревянеют, и поэтому он требует ранних укосов, после которых быстро отрастает и дает второй и третий укосы. Плохо переносит бесснежные сильные морозы. *Пастьбы не выносит.* Кормовое достоинство сена раннего укоса высокое, при позднем укосе очень посредственное. Имеет очень большое значение, повышая урожай луга в первом году пользования.

*Житняк* (Agropyrum cristatum Bess.) по сравнительно неширокой распространенности по территории Союза приходится поставить на предпоследнее место в списке верховых трав. Этот вид состоит из большого числа рас с различной продолжительностью жизни. Расы, отвечающие условиям лугового севооборота, имеют продолжительность жизни 6—8 лет. Максимальную производительность развивают на 2—4-й годы пользования. Достигает 100—110 см роста и образует густую массу прикорневых листьев. Плодоношение обильное, семена не сыпучи. Наибольшее количество семян получается на 3—4-м году. Последние годы часто не дает плодоносящих стеблей, образуя лишь неплодущие, густо облиственные, легко полегающие стебли, которые составляют главную массу вторых укосов более ранних лет пользования. Отношение к пастьбе, повидимому, оставляет желать лучшего. Кормовое достоинство еще не изучено, но, несомненно, выше среднего.

*Костер безостый* (Bromus inermis Leyss.) надо поставить на последнем месте среди *верховых* высокорослых злаков. Он достигает высоты 150—160 см; его травостой слагается из твердых, отдельно стоящих стеблей, густо покрытых грубыми листьями. Он широко распространен по всей территории Союза и принадлежит к злакам с наибольшей продолжительностью жизни, до 15—20 лет. Начинает развиваться очень рано, но долго не зацветает. Стебли деревянеют очень рано, уже к началу цветения, не теряя притом зеленого цвета. Дает обильные и прочно прикрепленные семена. Он очень зимостоек и засухоустойчив. Максимального развития достигает на третий год пользования и с этого времени может грозить вытеснением других зла-

ков. При раннем первом укосе дает второй укос. Кормовое достоинство кострового сена очень невысоко.

*Английский райграс* (Lolium perenne L.) среди низовых злаков должен быть поставлен на первое место. Достигает вышины 50—70 см и обладает способностью быстро образовывать плотный сомкнутый дерн. Не дает больше одного укоса сена очень высокого кормового достоинства. Дает обильные семена, совершенно не осыпающиеся. Представляет лучшую по кормовому достоинству и быстроте отрастания пастбищную траву Продолжительность жизни английского райграса не превышает 5—6 лет, но уже в первом году жизни при частом подкашивании он образует сомкнутую *плотную дернину* и уже на первый год пользования достигает полной производительности, поэтому считается лучшей газонной травой для спортивных площадок и вероятно будет иметь большое значение при создании аэродромов. Растения, выросшие из семян западноевропейского происхождения, легко вымерзают и поражаются ржавчиной. Расы, происходящие из Западной области и бывшего Можайского округа Московской области, а также из Западной Сибири и Закавказья, хорошо переносят морозы и совершенно не поражаются ржавчиной. Эти расы должны будут иметь большое значение при разрешении пастбищной проблемы среднеазиатских союзных республик и Закавказья.

*Красная овсяница* (Festuca rubra L.) не затронута еще даже элементарным отбором форм, которые отличаются чрезвычайным разнообразием. Семена европейского происхождения дают очень часто кустовую форму, отличающуюся наименьшей хозяйственной ценностью. Наибольшее значение имеет корневищевая форма. Достигает высоты 80—100 см и развивает много прикорневых листьев. Обладает чрезвычайно развитой поверхностной и мощной корневой системой и быстро образует плотную упругую дернину, почему особенно ценна для пастбищ, аэродромов и спортивных площадок. Продолжительность жизни 10—15 лет, но уже во второй год пользования достигает

наибольшой производительности. Имеет значение только в первом укосе, но после пастьбы отрастает хорошо. Кормовое достоинство хорошее, но чувствительна к морозам и к высоте снегового покрова. Семена не падучи.

*Золотистый овес* (Trisetum flavescens P. B.— Avena flavescens L.) в отношении форм представляет такое же разнообразие, как и красная овсяница. Особенно ценна корневищевая форма. Достигает вышины 70—100 см. Стебли после цветения скоро деревянеют. По отношению к укосу и пастьбе близок к французскому райграсу. Продолжительность жизни 4—5 лет. Наибольшей производительности достигает на первом году пользования. При раннем укосе кормовое достоинство высокое. Хозяйственное значение то же, как и французского райграса.

Число *многолетних бобовых*, пригодных для создания лугов лугового севооборота, ограничено, несмотря на высокое кормовое достоинство доставляемого ими сена. В приводимом списке бобовых они будут размещены на основании трех признаков: 1) пригодности для сушки в условиях лугопользования, т. е. в отношении тонкости их стеблей, о которой подробно говорилось выше, 2) продолжительности периода их жизни и 3) возможности приобретения их семян. Кормовое достоинство не будет приниматься в соображение вследствие того, что оно приблизительно одинаково и очень высоко у всех приводимых бобовых.

*Желтая люцерна* (или песчаная, или шведская, или буркун) (Medicago falcata L.) введена в культуру вместе с житняком благодаря многолетним трудам по их селекции профессора Василия Семеновича Богдана. Пользуется широчайшим распространением по всей территории Союза — от полярного круга до границ Персии, Афганистана и Китая и от Балтийского моря до Великого океана. Имеет много природных разновидностей. *Культурные расы* ее характеризуются такими свойствами. Корень сразу разветвляется. Многочисленные тонкие, разветвленные и обильно облиственные стебли достигают 100—

120 см высоты. Продолжительность жизни 7—8 лет. Максимального развития достигает на второй год пользования. Весной начинает развиваться довольно поздно, но развивается быстро. Цветение и плодоношение обильные. После зацветания стебли быстро деревянеют. При раннем укосе дает второй укос цветущих стеблей. *Пастьбу, даже овцами, выносит* самую сильную и быстро отрастает. К морозам, заморозкам, к наличию и высоте снегового покрова относится безразлично.

*Средняя люцерна* (Medicago media L.) — природный и искусственный гибрид желтой и голубой (обыкновенной) люцерны (M. sativa L.) — обладает всеми хозяйственными свойствами предыдущей, но отличается несколько большей вышиной стеблей, достигающих 130—140 см, большей толщиной стеблей, большей продолжительностью жизни, 7—8 лет, и меньшей выносливостью к морозам при незначительной толщине снегового покрова. Повидимому, не так вынослива к выпасу. Две формы средней люцерны подбора автора настоящего труда широко распространены в США под названием Kosak alfalfa и cherna alfalfa (искаженное «черная» по цвету ее распускающихся соцветий).

*Шведский клевер* (Trifolium hydridum L.) достигает 80—100 см вышины. Стебель более толстый и сочный, чем у предыдущих, листья на тонких черешках, легко обламываются. Наибольший укос развивает в первый год пользования Выпадает из травостоя через 4—8 лет, что составляет его главный недостаток. Во втором укосе принимает обыкновенно небольшое участие. *Хорошо выносит пастьбу* и быстро отрастает. Хорошо выносит морозы.

*Белый клевер* (Trifolium repens L.) — ползучее растение, имеет значение лишь как пастбищное, в укосе принимает ничтожное участие. Продолжительность жини 7—8 лет. Быстро отрастает после стравливания. Несколько страдает от зимних морозов.

*Земляничный клевер* (Trifolium fragiferum L.) напоминает

белый клевер, но в отличие от него участвует приподнимающимися до 50—60 см стеблями в первом укосе, после которого в том же году образует только лежачие укореняющиеся стебли. *Выносит самую сильную пастьбу*, даже овцами. Чувствителен к морозам при неглубоком снеговом покрове. Хорошо выносит засоленные почвы. Продолжительность жизни 5—6 лет, легко размножается самосевом.

Этим коротким списком исчерпываются все виды растений, годных в той или иной мере для разведения на искусственных лугах при огромном разнообразии климатических условий территории Союза.

Особенно обращает на себя внимание то, что во всем списке имеется только два растения, взятых из флоры Союза; все же остальные взяты из западноевропейской флоры. Все европейские формы, выведенные в условиях мягкого климата, далеко не всегда соответствуют суровым условиям нашего юго-востока, Сибири, Дальнего Востока, Средней Азии и Закавказья, и, конечно, нельзя надеяться на то, чтобы можно было получить из Западной Европы расы, соответствующие нашим условиям. Наша задача — заменить эти европейские формы, и с ее разрешением нельзя медлить. Мы обладаем непревзойденными формами степного пырея, а они еще не изучены, и в продаже имеются только семена сорного пырея. У нас неистощимое разнообразие форм лугового костра, много форм канареечника, красной овсяницы, овечьей овсяницы, английского райграса, гребенчатого житняка, лугового мятлика, водяного пырея. Американский пырей не подвергался даже попыткам селекции. Мы имеем вологодские и ярославские клевера с 14-летней продолжительностью жизни, луговую чину, многолетнюю луговую вику, сибирский пятилистый клевер, переносящий 50-градусные морозы при полном отсутствии снегового покрова. *Перед нами рассыпаны неисчислимые богатства, и к ним еще не прикасалась рука селекционера, несмотря на вопиющую нужду производства.*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛУГОВ НА ОСНОВЕ ПЛАНОВЫХ ЗАДАНИЙ

Вопрос о составе смеси луговых трав, высеваемой в луговом севообороте, безусловно, не может иметь одинакового решения во всех случаях при огромном разнообразии природных условий.

Этот вопрос решается на основе тех государственных плановых заданий, которые хозяйство (совхоз или колхоз) получает.

Состав смеси в каждом отдельном конкретном случае должен составлять предмет особого обсуждения, при котором следует руководствоваться рядом соображений, вытекающих из государственных заданий.

Под влиянием производственных требований могут измениться два момента в порядке использования луговой смеси — *продолжительность использования и способ использования.* Под последним надо понимать преобладание использования *покосом или пастбищем.*

Современные требования животноводства придают чрезвычайно большое значение пастбищному кормлению. Но наряду с этим нельзя забывать, что на огромной территории Союза преобладают климатические условия, требующие 6—8-месячного стойлового содержания, а следовательно, и заготовки значительного количества сена. При этих условиях использование луга в первый год, следующий за посевом, в качестве пастбища привело бы к быстрой порче луга, и с точки зрения продления срока использования луга *желательно* подвергать его систематическому *использованию пастьбой не ранее чем после первого укоса второго года после посева.* Но при различных государственных заданиях определенным социалистическим формам хозяйств мыслимо сокращение лугового периода до срока четырех лет, в зависимости от условий и требований такого хозяйства.

Какова бы ни была форма использования *такого краткосрочного луга*, при создании его должно быть учтено восстано-

вление прочности структуры почвы. Поэтому очевидно, что *в смесь* для такого луга *не могут входить ни злаки с продолжительным периодом жизни*, поздно достигающие наибольшей производительности, *ни корневищевые* злаки, развивающие рассеянную и неглубокую корневую систему. В такую смесь лучше всего могут войти рыхлокустовые злаки, рано достигающие максимальной производительности. К таким злакам в случае использования укосом принадлежат: *тимофеевка*, *луговая овсяница*, *житняк*, *французский райграс* и *ежа*; последние два злака в случае использования луга пастьбой исключаются и заменяются красной овсяницей и английским райграсом. Участие бобовых в смеси трав краткосрочного луга может быть значительно и достигать 30 и даже 40% участия в травостое. В случае использования луга покосом главное место в нем принадлежит шведскому клеверу и средней люцерне, и в случае исключительной краткосрочности луга может войти в смесь и красный клевер. В случае преобладания использования луга пастьбой эти растения заменяются желтой люцерной и белым клевером, в Средней Азии и на Кавказе к ним присоединяется земляничный клевер.

*При пользовании лугом в течение 6—7 и самое большее 8 лет* в состав смеси должны войти как злаки, обеспечивающие полноту травостоя в ранние годы пользования лугом, так и злаки с продолжительным периодом жизни. В первой группе *для северных районов* мы имеем *тимофеевку, луговую овсяницу и французский райграс; для южных районов — житняк*, *французский райграс и луговую овсяницу*. Во второй группе *для севера — лисохвост*, *ежа*, *луговой мятлик*, *белая полевица*; *для юга — безостый костер*, *мятик и ежа*. В случае раннего начала использования луга пастьбой из смеси исключаются французский райграс и ежа; когда пастьба начинается не ранее чем спустя три года после использования луга укосом, исключается ежа. При пользовании лугом в качестве пастбища в смесь включаются на севере красная овсяница, золотистый овес и английский

райграс; для юга английский райграс исключается, если семена его европейского происхождения.

В смеси трав лугов более трехлетнего пользования бобовые принимают гораздо меньшее участие; в северных районах они принимают участие не более 10% всего травостоя, на юге их участие может быть доведено до 25%. Бобовыми для севера могут быть шведский клевер и в случае пастьбы — белый клевер; для юга — средняя люцерна и желтая люцерна. В случае пастьбы средняя люцерна выпадает из смеси и может быть заменена белым или земляничным клевером и желтой люцерной.

## О КАЧЕСТВЕ ПОСЕВНОГО МАТЕРИАЛА

Прежде чем говорить о составлении смесей и об определении количества семян в смеси, высеваемых на гектар, необходимо остановиться на качестве посевного материала.

Никакой другой семенной материал не подвергается такой злостной фальсификации, как семена луговых злаков. Причина этого, несомненно, лежит в значительной их стоимости и в трудности обнаруживания фальсификации. С другой стороны, трудность уборки семенного материала и сушки его в условиях луга понижают всхожесть семян луговых злаков. Больше всего подвергаются фальсификации семена наибольшей стоимости. Семена луговой овсяницы подмешиваются очистками английского райграса, семена красной овсяницы — семенами овечьей овсяницы, семена лугового мятлика подмешиваются семенами мятлика многоплодного, безостый костер — ржаным костром, семена французского райграса — семенами проволочника и полевого костра, овес золотистый часто на 50% состоит из семян метлицы, ежа — своими очистками, полевица белая — полевицей собачьей. Но больше всего фальсифицируются семена лисохвоста; он часто на 50—60% состоит из лисохвоста полевого, щучки, медовой травы и из собственных очистков. Если к этому прибавить, что всхожесть семян луговых злаков

редко превосходит 50% и что семена луговых бобовых больше чем часто содержат много семян повилики, то станет ясным, что пользоваться покупным семенным материалом надлежит с большой осторожностью. Определение чистоты семян луговых злаков представляет одну из труднейших задач контроля семян, и разобраться в качестве семенного материала без помощи специальной семенной контрольной станции не представляется возможным. Даже семена собственного (в своем хозяйстве) производства должны быть подвергнуты контролю. *От покупки готовых смесей следует безусловно воздержаться.*

Весьма понятно, что так называемая «хозяйственная годность» семян луговых злаков может колебаться в очень широких пределах. Хозяйственная годность семян показывает, сколько *чистых всхожих семян* в процентах содержит исследованный образец. Если хозяйственная годность образца каких-нибудь семян, например луговой овсяницы, равна 72%, то это значит, что в 100 кг семенного материала содержится 72 кг чистых всхожих семян овсяницы. Это нужно хорошо запомнить, так как все расчеты количества семян луговых трав приводятся для семенного материала со 100-процентной хозяйственной годностью, т. е. *состоящего нацело из чистых всхожих семян.* Поэтому, чтобы определить норму высева имеющегося посевного материала, необходимо указанную норму посева умножить на 100 и разделить на хозяйственную годность имеющегося семенного материала. Например, если норма посева каких-нибудь семян на гектар указана равной 40 кг, а хозяйственная годность имеющегося семенного материала равно 80%, то такого материала надо посеять:

$$\frac{40 \times 100}{80} = 50 \text{ кг на гектар.}$$

## СОСТАВЛЕНИЕ СМЕСИ ЛУГОВЫХ ТРАВ

Правила определения количества семян каждого растения, входящего в состав смеси многолетних трав, нужного для

обсеменения 1 га смесью трав, очень просты, и для уяснения их возьмем несколько примеров.

Прежде всего задаются *составом травостоя*, который желателен на лугу, сообразно производственному его назначению и климатическим условиям его района. Предположим четыре случая.

1. Луг краткосрочного пользования в качестве покосного и пастбищного угодия в северных районах Союза. Предположим такой состав его травостоя (в процентах):

| | |
|---|---|
| Луговой овсяницы | 40 |
| Тимофеевки | 25 |
| Белой полевицы | 20 |
| Шведского клевера | 10 |
| Белого клевера | 5 |
| Всего | 100% травостоя |

Сумма составных частей травостоя должна всегда быть равной 100.

2. Луг 7-летнего пользования исключительно укосом. Предполагаемый состав травостоя (в процентах):

| | |
|---|---|
| Луговой овсяницы | 20 |
| Лугового лисохвоста | 15 |
| Лугового мятлика | 15 |
| Тимофеевки | 10 |
| Белой полевицы | 10 |
| Ежи | 10 |
| Французского райграса | 10 |
| Золотистого овса | 5 |
| Шведского клевера | 5 |
| Всего | 100% травостоя |

3. Луг 6-летнего пользования укосами в первые два года с утилизацией отавы на зеленый стойловый корм и на силос, одним укосом третьего года и с правильной пастьбой с половины

третьего года в течение 4, 5 и 6-го годов. Предположенный состав травостоя (в процентах):

| | |
|---|---|
| Лугового лисохвоста | 20 |
| Луговой овсяницы | 15 |
| Тимофеевки | 10 |
| Французского райграса | 10 |
| Лугового мятлика | 10 |
| Белой полевицы | 10 |
| Красной овсяницы | 10 |
| Золотистого овса | 5 |
| Шведского клевера | 5 |
| Белого клевера | 5 |
| Всего | 100% травостоя |

4. Луг 7—8-летнего пользования для южных и юго-восточных районов Союза при использовании [в течение] первых двух лет укосом и последующих 5—6 лет правильной пастьбой. От создания краткосрочных пастбищ в условиях юга и юго-востока Союза пока будет осторожнее отказаться ввиду большего риска потери ценного посева при современных условиях хозяйства в этих районах. Это вопрос довольно еще отдаленного будущего, когда производство в достаточной мере овладеет контролем над водным режимом почвы этих районов. Предполагаемый состав травостоя (в процентах):

| | |
|---|---|
| Житняка | 20 |
| Желтой люцерны | 20 |
| Безостого костра | 15 |
| Лугового мятлика | 10 |
| Белой полевицы | 10 |
| Луговой овсяницы | 10 |
| Красной овсяницы | 5 |
| Французского райграса | 5 |
| Всего | 100% травостоя |

Рассуждая чисто теоретически, семена каждого растения смеси должны входить в нее в количестве, пропорциональном проценту участия в смеси, считая от веса семян, необходимых для создания нормального травостоя на гектар каждого растения, посеянного отдельно. Например, если для создания травостоя нормальной густоты одной луговой овсяницы на гектар требуется посев 32 кг, то для того, чтобы в травостое смеси луговая овсяница занимала, предположим, 25%, семена ее в состав смеси, высеваемой на гектар, должны войти в количестве 25% от 32 кг, или 8 кг.

Практика показала, что такой расчет оправдывается только в том случае, когда смесь состоит из семян двух растений; например, при посеве травяного поля полевого севооборота, когда высевается смесь тимофеевки и красного клевера для северных районов, и в этом случае каждое растение должно занимать половину травостоя, то в смесь для засева гектара семена каждого из этих растений входят в количестве 50%, или половины того веса семян, которые необходимо посеять на гектар для получения травостоя каждого растения, высеянного не в смеси, а каждого в отдельности.

Поэтому при составе смеси из семян трех и более растений необходимо сгущать посев. При этом практически установлено, что если в состав смеси входят от трех до шести растений, то посев должен быть сгущен на 25%, т. е. семян каждого растения должно быть взято на $^1/_4$ больше, чем получается по расчету процентного содержания растения в травостое. Если в состав смеси входит больше шести растений, то посев должен быть сгущен на 50% против расчетного по составу травостоя. В том же случае, когда в состав смеси, состоящей больше чем из шести растений, входят медленно развивающиеся виды, занимающие луг в течение 6—8 лет, посев должен быть сгущен на 75%.

Для облегчения и ускоренности расчетов составлена таблица (см. стр. 684), в которой в горизонтальных строках

приведены необходимые данные для всех луговых растений, семена которых имеются в продаже. Данные расположены вертикальными столбцами, отмеченными римскими цифрами. В I столбце — название растения. Во II столбце — вес семян (в килограммах), который нужно посеять на гектар для создания нормального травостоя при посеве данного растения не в смеси, а одного, в расчете на 100% хозяйственной годности. В III столбце приведена в процентах средняя хозяйственная годность продажных семян. В IV столбце указано количество семян (в килограммах), необходимых для создания нормального травостоя на гектар, при посеве каждого растения отдельно про-

| I | II | III | IV | V | VI | VII |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Название растений | 100% хозяйственной годности | % средней хозяйственной годности | Продажных семян | 125% | 150% | 175% |
| | кг/га | | кг/га | кг/га | кг/га | кг/га |
| Луговая овсяница . . . . | 32 | 75 | 43 | 40 | 48 | 56 |
| Луговой мятлик . . . . . | 10 | 40 | 25 | 12,5 | 15 | 17,5 |
| Тимофеевка . . . . . . . | 16 | 85 | 19 | 20 | 24 | 28 |
| Белая полевица . . . . . | 12 | 70 | 17 | 15 | 18 | 21 |
| Луговой лисохвост . . . . | 15 | 40 | 38 | 18,75 | 22,5 | 26,25 |
| Ежа . . . . . . . . . . . | 24 | 50 | 48 | 30 | 36 | 42 |
| Французский райграс . . . | 40 | 30 | 132 | 50 | 60 | 70 |
| Житняк . . . . . . . . . | 32 | 70 | 47 | 40 | 48 | 56 |
| Безостый костер . . . . . | 40 | 60 | 66 | 50 | 60 | 70 |
| Английский райграс . . . | 40 | 75 | 53 | 50 | 60 | 70 |
| Золотистый овес . . . . . | 10 | 25 | 40 | 12,5 | 15 | 17,5 |
| Красная овсяница . . . . | 16 | 50 | 32 | 20 | 24 | 28 |
| Итальянский райграс . . . | 40 | 75 | 53 | 50 | 60 | 70 |
| Желтая люцерна . . . . . | 24 | 85 | 28 | 30 | 36 | 42 |
| Средняя люцерна . . . . | 32 | 85 | 38 | 40 | 48 | 56 |
| Шведский клевер . . . . | 10 | 60 | 17 | 12,5 | 15 | 17,5 |
| Белый клевер . . . . . . | 8 | 50 | 16 | 10 | 12 | 14 |
| Земляничный клевер . . . | 16 | — | — | 25 | 30 | 35 |
| Красный клевер . . . . . | 16 | 85 | 20 | 25 | 30 | 35 |

дажными семенами приведенной средней хозяйственной годности. Числа этого столбца приведены для того, чтобы показать, как влияет процент хозяйственной годности семян на количество высеваемых семян. Пользоваться данными этого столбца для хозяйственных расчетов количества высеваемой смеси нельзя, они приведены только для ориентировки в количестве *заказываемых* семян. Расчет количества *высеваемых* семян смеси может быть произведен только на основании данных определения контрольной станцией хозяйственной годности каждой отдельной партии семян. При этом нужно не упускать из виду, что определение хозяйственной годности семян большинства луговых злаков требует не менее трех недель. Способ пользования данными хозяйственной годности для введения поправки в определение количества высеваемых семян указан выше. В V столбце показано количество высеваемых семян каждого вида в отдельности, увеличенное на 25%. В VI столбце то же количество увеличено на 50% и в VII столбце — на 75%. Из данных V, VI и VII столбцов нужно исходить при вычислении сгущения посева, как было объяснено выше.

На основании вышесказанного и данных таблицы выясним количество семян трав для посева на гектар четырех смесей, состав которых был нами предположен выше.

В приведенной таблице (см. стр. 686) столбец 1-й представляет тот процентный состав каждого вида растения, которым мы задались выше. Столбец 2-й содержит вес семян каждого растения в килограммах на гектар в расчете на 100-процентную хозяйственную годность с прибавкой 25% расчетного веса семян на гектар, и числа его взяты из столбца V основной таблицы. Столбец 3-й содержит средние величины процентной хозяйственной годности семян каждой травы, взятые из столбца III основной таблицы. Числа столбца 4-го представляют количество семян каждого растения в килограммах на гектар, необходимое для создания предположенного травостоя, считая среднюю хозяйственную годность, приведенную в [третьем] столбце. Эти числа

1-я смесь

| Название растений | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Содержание в травостое | На 1 га при 100% хозяйственной годности с прибавкой 25% | Средняя хозяйственная годность продажных семян | Необходимо купить на гектар | Хозяйственная годность по определению контрольной станции | Для посева на гектар |
| | % | кг | % | кг | % | кг |
| Луговой овсяницы | 40 | 40 | 75 | 21,3 | 78 | 20,5 |
| Тимофеевки | 25 | 20 | 85 | 5,9 | 95 | 5,3 |
| Белой полевицы | 20 | 15 | 70 | 4,3 | 51 | 5,9 |
| Шведского клевера | 10 | 12,5 | 60 | 2,1 | 65 | 1,9 |
| Белого клевера | 5 | 10 | 50 | 1,0 | 63 | 0,8 |
| Всего на гектар | 100 | — | — | 34,6 | — | 34,4 |

получаются путем такого арифметического вычисления. Например, ясно, что для создания 40-процентного участия луговой овсяницы в травостое мы должны взять 40% веса ее семян, необходимого для создания 100% ее травостоя, с прибавкой 25% этого веса, как было указано выше для смесей из 3—6 трав. Это количество равно:

$$\frac{40 \text{ (столбец 2)} \times 40 \text{ (столбец V) кг}}{100}.$$

Это число относится к семенам со 100-процентной хозяйственной годностью, а как так средняя хозяйственная годность продажных семян равна 75%, то ясно, что количество покупаемых семян должно быть увеличено в отношении 100 к 75, т. е. количество семян, которое необходимо приобрести, равно:

$$\frac{40 \times 40 \times 100}{100 \times 75},$$

или, сокращая 100 в знаменателе и числителе, которое будет присутствовать во всех случаях подобных вычислений, мы получим формулу:

$$\frac{40 \times 40}{75} = 21,3 \text{ кг.}$$

Для получения количества семян средней хозяйственной годности, которое нужно приобрести, необходимо умножить число столбца V основной таблицы на число процентов участия травы в травостое и полученное произведение разделить на соответствующее растению число столбца III той же таблицы. Таким образом, получается количество семян, которое необходимо заблаговременно приобрести для засева одного гектара искусственного луга.

Тотчас по получении приобретенных семян *средний* образец каждого сорта семян *отдельно* посылается для испытания на контрольную станцию. По получении от контрольной станции данных действительного процента хозяйственной годности приобретенных семян (примерно, приведенных в столбце 5-м таблицы) можно вычислить действительный вес каждого сорта семян, входящих в состав смеси (столбец 6).

Очевидно, что для этого в знаменателе последней формулы нужно вместо величины средней хозяйственной годности поставить ее действительную величину, сообщенную контрольной станцией.

Так как при луговом севообороте ежегодно засевается одно поле травы, то могущий получиться избыток семян некоторых трав хранится до будущего года. Если семена трав хранятся в сухом и *теплом* помещении, они не утрачивают своей хозяйственной годности и употребляются в дело на будущий год в первую очередь.

Вместе с тем образуется небольшой запасный фонд, из которого может быть покрыт недостаток какого-нибудь сорта семян, хозяйственная годность которого оказалась ниже средней.

Тот же фонд служит для немедленного исправления тех недостатков посева, которые могут быть обнаружены после уборки покровного растения или после перезимования первогоднего луга.

Ниже приводятся таблицы данных вычислений состава смеси других приведенных выше примеров. Разница в их вычислении сводится лишь к тому, что в соответствующих случаях берется 50 и 75% прибавки к нормальному количеству семян на гектар из столбцов VI и VII основной таблицы.

2-я смесь

| Название растений | 1<br>Содержание в травостое<br>% | 2<br>На гектар при 100% хозяйственной годности с прибавкой на загущение<br>кг | 3<br>Средняя хозяйственная годность продажных семян<br>% | 4<br>Необходимо купить на гектар<br>кг | 5<br>Хозяйственная годность по определению контрольной станции<br>% | 6<br>Для посева на гектар<br>кг |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Лугового овсяницы | 20 | 48 | 75 | 12,8[12] | 70 | 13,7 |
| Лугового лисохвоста | 15 | 22,5 | 40 | 8,5 | 36 | 9,4 |
| Лугового мятлика | 15 | 15 | 40 | 5,6 | 20 | 11,2 |
| Тимофеевки | 10 | 24 | 85 | 2,8 | 81 | 3,0 |
| Белой полевицы | 10 | 18 | 70 | 2,6 | 75 | 2,4 |
| Ежи | 10 | 36 | 50 | 7,2 | 45 | 8,0 |
| Французского райграса | 10 | 60 | 30 | 20,0[13] | 30 | 20,0[13] |
| Золотистого овса | 5 | 15 | 25 | 3,0 | 35 | 2,1 |
| Шведского клевера | 5 | 15 | 60 | 1,3 | 70 | 1,1 |
| Всего на гектар | 100 | — | — | 63,8[14] | — | 70,9[15] |

3-я смесь

| Название растений | 1 Содержание в травостое, % | 2 На гектар при 100% хозяйственной годности с прибавкой на загущение, кг | 3 Средняя хозяйственная годность продажных семян, % | 4 Необходимо купить на гектар, кг | 5 Хозяйственная годность по определению контрольной станции, % | 6 Для посева на гектар, кг |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Лугового лисохвоста | 20 | 26,5 | 40 | 13,1 | 50 | 10,5 |
| Луговой овсяницы | 15 | 56,0 | 75 | 11,2 | 80 | 10,5 |
| Тимофеевки | 10 | 28,0 | 85 | 3,3 | 82 | 3,4 |
| Французского райграса | 10 | 70,0 | 30 | 23,3 | 65 | 10,8 |
| Лугового мятлика | 10 | 17,5 | 40 | 4,4 | 50 | 3,5 |
| Белой полевицы | 10 | 21,0 | 70 | 3,0 | 75 | 2,8 |
| Красной овсяницы | 10 | 28,0 | 50 | 5,6 | 52 | 5,4 |
| Золотистого овса | 5 | 17,5 | 25 | 3,5 | 40 | 2,2 |
| Шведского клевера | 5 | 17,5 | 60 | 1,5 | 55 | 1,6 |
| Белого клевера | 5 | 14,0 | 50 | 1,4 | 65 | 1,1 |
| Всего на гектар | 100 | — | — | 70,3 | — | 51,8 |

4-я смесь [16]

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Житняка | 25 | 56 | 70 | 20,0 | 80 | 17,5 |
| Желтой люцерны | 20 | 42 | 85 | 9,9 | 82 | 10,2 |
| Безостого костра | 15 | 75 | 60 | 17,5 | 75 | 14,0 |
| Белой полевицы | 10 | 21 | 70 | 3,0 | 65 | 3,2 |
| Луговой овсяницы | 10 | 56 | 75 | 7,5 | 80 | 7,0 |
| Лугового мятлика | 10 | 17,5 | 40 | 4,4 | 50 | 3,5 |
| Красной овсяницы | 5 | 28 | 50 | 2,8 | 50 | 2,8 |
| Французского райграса | 5 | 70 | 30 | 11,7 | 45 | 7,8 |
| Всего на гектар | 100 | — | — | 76,8 | — | 66,0 |

## ТЕХНИКА ПОСЕВА И УХОД ЗА ЛУГОМ

В луговом севообороте посев смеси семян луговых трав производится всегда под покровное растение. Как бы чисты ни были поля лугового севооборота от сорняков, все-таки не исключена возможность занесения семян сорняков с семенами трав, ветром, птицами и животными, и при посеве без покровного растения сорняки могут сильно развиваться и потребовать освобождения от них посева трав. Это не только излишняя работа, но она связана и с риском повреждения мелких проростков трав при скашивании сорняков и их удалении с поля.

Кроме того, при посеве без покровного растения травы могут в годы с частыми дождями настолько сильно развиться, что потребуют немедленного заблаговременного скашивания их до наступления зимних холодов и снегового покрова. Скашивание вынуждается тем, что листья и побеги сильно развившейся травы могут повлиять на развитие вторых междоузлий в условиях затенения. Такие побеги всегда вытягиваются в длину и содержат значительно большее количество воды, чем нормальные побеги, и сильно подвержены опасности вымерзания. Кроме того, высокий и всегда неровный «клочковатый» травостой луга первого года его жизни задерживает снег и способствует созданию мощного и неравномерного снегового покрова. Под таким утолщенным снеговым покровом почва долго не замерзает, и растения на незамерзшей почве продолжают дышать. Одновременно и убитые морозом надземные побеги трав подвергаются под покровом снега аэробному разложению. Равномерный придавленный снегом покров разлагающейся травы поглощает кислород проникающего воздуха, и погребенные ими растения задыхаются и отмирают.

Поэтому такая «переросшая» трава должна быть обязательно *скошена* и удалена с луга. Если траву не удалить, то одно скашивание мало поможет, так как условия затенения мало изменятся, а если косьба была ручная и трава лежит рядами,

то под ними молодые растения наверняка погибнут. Скашивание переросшей травы производится не позже чем за три недели до наступления зимних морозов, чтобы дать время новым молодым побегам травы окрепнуть до наступления зимы. Скошенная трава не может быть успешно высушена и не может быть стравлена в свежем состоянии, так как вызывает у скота сильнейшие поносы; по этой причине переросшую первогоднюю траву нельзя стравить пастьбой — она кроме того, легко вызывает тимпанит (вздутие брюха). Единственный способ ее использования представляет силосование. Эта операция связана с малопроизводительной работой сгребания невысокого урожая мелкой травы и со значительным вредом, причиняемым лугу операцией сгребания и неизбежной ездой осенью по молодому лугу.

*Все эти затруднения устраняются при посеве смеси трав под покровное растение*, и вместе с тем отпадает и необходимость обсуждения вопроса о возможности летнего и осеннего посевов. Эти два срока вызваны преимущественно неудобством раннего посева трав без покровного растения, которые разобраны выше.

*Техника посева* смесей многолетних трав еще совершенно не разработана, и производство располагает или кустарными орудиями, применимыми только в условиях мелкого единоличного хозяйства, или пользуется машинами, приспособленными к посеву семян полевых растений. Эти машины могут быть использованы лишь частично вследствие большой разницы свойств семян многолетних трав.

Семена и плоды многолетних трав по их отношению к технике посева можно разделить на две группы. К первой относятся семена бобовых и те плоды злаков, в которых пленки околоцветника плотно облегают собственно плоды и не сильно развиты. Вследствие этого такой семенной материал обладает большим объемным весом, как, например, семена клеверов, люцерны и плоды тимофеевки, полевицы, луговой овсяницы,

английского райграса. Плоды другой группы обладают сильно развитым околоцветником, часто рыхлым и покрытым щетинками, волосками и часто снабженным прямыми и изогнутыми остями.

Эти особенности плодов придают им как семенному материалу свойства малого и объемного веса, большей упругости и значительной парусности [что наблюдается], например, у плодов лисохвоста, французского райграса, ежи, житняка, золотистого овса, красной овсяницы и др.

Для посева первой группы можно применять обычные рядовые и разбросные сеялки. Посев второй группы еще не удалось механизировать. Вследствие такого положения посев смеси луговых трав приходится всегда производить в два приема

После прикрытия разбросного посева покровного растения или тотчас после окончания его рядового посева высевают при помощи сеялок смесь всех сортов семенного материала первой группы. В случае применения разбросного посева его заделывают самой легкой бороной в один след не глубже 1 см. Тотчас по окончании прикрытия смеси первой группы высевается смесь второй группы. До сих пор еще лучшим способом посева семян второй группы является ручной. Для уменьшения разницы парусности и объемного веса разных семян смеси второй группы смесь непосредственно перед рассеванием смешивают с небольшим количеством влажного песка, каждую севалку отдельно. Посев непременно производится «в пересев», т. е. все количество высеваемой смеси делится на две равные части, и сначала на всем поле высевается одна половина, а затем на том же поле высевается вторая половина смеси, причем севцы идут в направлении, перпендикулярном к направлению своего движения при рассеве первой половины. Или посев производится одновремено с двух противоположных концов поля двумя отрядами севцов, причем один отряд движется в направлении, перпендикулярном к направлению движения второго. Каждый отряд высевает половину всего количества смеси, предназначен-

ной для высева на всем поле. Посев смеси второй группы прикрывается легким гладким катком, который выравнивает следы зубьев легкой бороны, применявшейся для прикрытия семян первой группы, или следы сошников рядовой сеялки. Хворостянок, часто рекомендуемых для покрытия семян трав, следует избегать, как сильно распыляющих комки почвы. Посев должен быть организован так, чтобы все посеянное было заделано в течение того же дня.

После уборки покровного растения обыкновенно никаких приемов ухода за первогодним лугом не требуется. Лишь в совершенно исключительных случаях может возникнуть потребность в подкашивании переросшей травы. *Бороньбы луга осенью в год его посева следует, безусловно, избегать.*

*При уборке* покровного растения необходимо соблюдать некоторые предосторожности. Возки снопов или соломы волоком следует избегать. Выжигания жнивья ни под каким видом допускать нельзя. Движение тракторов с кулачными и рифлеными колесами наносит большой вред первогоднему лугу. *Гусеничные тракторы безвредны*, если они не «буксуют».

По окончании уборки покровного растения первогодний луг осматривается, и все огрехи и поврежденные места подсеваются той же смесью по глазомерному расчету количества высеваемой смеси.

После перезимовки первогоднего луга он тотчас после освобождения от снегового покрова по еще влажной почве подвергается внимательному осмотру для обнаружения мест пропажи всходов. Обычно таких мест выявляется немного, если соблюдались вышеупомянутые меры предосторожности. Обнаруженные места отмечаются вешками и, по возможности, скорее подвергаются обсеменению под покровом итальянского райграса той же смесью, которой был засеян луг. Вследствие этого во всяком хозяйстве должен быть запас семян итальянского райграса в количестве, необходимом для засева чистым посевом 1—5% всей площади луга, ежегодно обсеваемой заново. Более

точное количество запаса семян итальянского райграса выясняется через 2—3 года практики; эта величина довольно постоянна для каждого хозяйства и определяется главным образом продолжительностью предшествующего полевого периода и припадливостью почвы.

Припадливость почвы, т. е. ее способность оседать после обработки, определяется степенью прочности ее структуры, и отсюда вытекает ее связь с продолжительностью полевого периода. В это время почва ежегодно подвергалась одной обработке на полную глубину и одному лущению. Кроме того, в течение полевого периода могло быть два или даже три пропашных растения, требующих в луговом севообороте по две пропашки или окучивания. Если в числе пропашных были корнеплоды и картофель, то при уборке их почва вновь подвергалась рыхлению. Поэтому понятно, что почва, на которой вновь высевается луговая смесь, отличается наименьшей прочностью по сравнению с почвою всех других полей лугового севооборота.

Поэтому после перезимовки первогоднего луга почва его всегда подвергается осадке. В результате осадки почвы узлы кущения молодых растений многолетних злаков могут оказаться в самом поверхностном слое почвы и даже над поверхностью почвы. Это явление носит название «выжимания» всходов. Этот термин, правильно характеризуя конечный результат процесса, несет в себе элемент неправильного объяснения процесса.

Так как природная почва не бывает совершенно однородна на больших пространствах, а всегда отличается в большей или меньшей степени пестротою — «комплексностью», как это иногда неправильно называют, и «однородность» пахотного слоя достигается в результате длительной культуры, то в начале периода освоения природных лугов луговым севооборотом возможны случаи местной большой осадки почвы и вымерзания сильно обнаженных узлов кущения злаков. Эти случаи и тре-

буют местного пересева смесью трав под покровом итальянского райграса. В случае недостатка итальянского райграса возможно ограничиться для этой цели и овсом при высеве его около 2 ц на гектар.

Независимо от этих отдельных случаев узлы кущения злаков на всей площади вновь посеянного и вышедшего из-под снегового покрова луга окажутся прикрытыми лишь тонким слоем почвы. Мы видели выше, что такое положение не может удовлетворить потребности узлов кущения в *одновременном* притоке кислорода воздуха и устойчивых условиях большой влажности. Вследствие такого положения узлов кущения кущение злаков будет происходить очень несовершенно, что прежде всего отразится на изреженности травостоя луга. Изреженность травостоя повлечет три последствия: 1) значительное уменьшение величины первого укоса луга — это последствие очевидно; 2) сильное засорение луга как результат беспрепятственного развития сорняков, семена которых всегда имеются в почве и заносятся на луга; 3) второй укос обыкновенно бывает еще меньше первого и еще более сорным. Это зависит от того, что многие растения многолетних злаков дадут в первом укосе лишь один стебель, после срезания которого все растение отомрет за неимением побегов, посредством которых происходит вегетативное размножение злаков; каждый же стебель многолетнего злака представляет однолетнее растение. Кроме того, и растения, давшие несколько побегов, будут угнетены сорняками первого укоса и еще больше будут угнетаться усиливающимся развитием озимых, двухлетних и многолетних сорняков. Поэтому второй укос первого года пользования будет еще меньше первого, хотя содержание в нем однолетних сорняков будет относительно меньше. Укос второго года пользования будет заключать подчиненное количество злаков и состоять преимущественно из двулетних и многолетних сорняков. На третий год пользования луг обратится в типичный «разнотравный», что представляет сильно смягченное название испорчен-

ного луга, так как укос его состоит из многолетних сорняков лишь с примесью злаков.

Принимая все это во внимание, практика выработала прием *весеннего укатывания* первогоднего луга тяжелым катком (не деревянным). Укатывание производится ранней весной тотчас после подсева плешин луга смесью под покровом итальянского райграса. Прикатывание прижимает узлы кущения злаков к почве и одновременно вызывает восходящий ток воды из более глубоких слоев почвы к поверхностному слою, в котором помещаются узлы кущения злаков.

При пользовании приемом укатывания при *посеве* в сухую полевую почву обязательным сопутствующим приемом является боронование легкой бороной. Бороньба имеет целью создать изолирующий слой рыхлой почвы, который не допускает проникновения восходящего тока воды до испаряющей дневной поверхности почвы. *Боронование после прикатывания луга ни под каким видом не допускается.* Это не представляет такой настоятельной нужды, как при прикатывании посева. После посева полевых растений почва остается совершенно неприкрытой в среднем в продолжение 5 дней. После появления всходов проходит еще не менее 10 дней, пока всходы раскустятся и станут защищать почву от непосредственного испарения воды. После прикатывания луга густой покров молодой травы под влиянием увлажнения начинает так быстро кутиться, что в 2—3 дня покрывает почву сплошным покровом листьев, и количество воды, испаренной непосредственно почвой, становится ничтожным по сравнению с количеством воды, испаряемой зеленой поверхностью злаков.

При продолжительном полевом периоде и при преобладании в нем пропашных растений, что может иметь место при севооборотах овощных и кормовых или при семенном направлении культуры луговых трав, почва луга может быть очень «распушена». Осадка такой сильно лишенной структуры почвы может не ограничиться оседанием после первой зимовки луга, а про-

изойти в меньшей мере и после второй зимовки и в еще меньшей степени даже после третьей зимы. Эти осадки никогда не бывают так сильны, чтобы вызвать вымерзание травы, но они могут вызвать изреживание травостоя. Правда, травостой не изреживается настолько сильно, чтобы допустить засорение луга, но он влияет на понижение урожая. В подобных случаях *весеннее укатывание железным катком может понадобиться и после второй и третьей зимовок луга*. Вопрос о необходимости укатывания во второй и особенно в третий год должен быть решаем каждый раз весенним осмотром луга. Полагаться на опыт в этом случае нельзя, так как осадка почвы зависит не только от степени ее распушенности, но и от количества и характера осенних дождей и от количества снега и дружности весны. Возможен такой случай, когда луг, не требовавший укатывания после второй зимы, потребует укатывания после третьей зимовки. Производя же всякую работу на лугу, нельзя упускать из виду, что она должна быть оплачена продуктом невысокой стоимости.

Следующим приемом ухода за лугом является его *бороньба*. Цель бороньбы двоякая — облегчить проникновение в почву луга воды дождей и обеспечить проникновение кислорода к узлам кущения. Часто говорят о необходимости усиления разложения органических остатков луга. Это предположение может иметь значение только во второй половине лугового периода севооборота, когда в почве луга начинается уже резкое преобладание накопления органических остатков.

Мы видели в предыдущем, что весенняя бороньба постоянных и природных лугов приводит к незначительному повышению укоса, и эффект ее отражается преимущественно на усилении развития разнотравья и зеленых мхов. Одна из главных причин этого явления заключается в трудности проникновения образующейся пищи в массу почвы в то время, когда в ней много воды и господствует восходящий ток ее, побуждаемый испарением воды развивающейся зеленой поверхностью зла-

ков луга. Но главной причиной является то, что весной потребности *многолетних* злаков в пище сводятся к минимуму. Мы обыкновенно переносим результаты наблюдения над полевыми однолетними злаками на луговые *многолетние* злаки, забывая, что основная разница между ними сводится *к смещению времени наступления фаз их развития*, во время которых сильно изменяются отношения растений к количеству потребляемой воды и пищи.

Главным периодом потребления злаками пищи является период их *кущения*, когда в новообразующихся побегах и листьях откладывается и накопляется масса запасного органического вещества, преимущественно белков. Этот запасенный в период кущения материал преимущественно и служит для дальнейшего развития стеблей и образования плодов злаков. Поэтому при развитии яровых хлебов главный период потребности в пище наступает поздней весной, у озимой ржи он сосредоточен преимущественно на осень, а у озимой пшеницы, которая кустится частью осенью, но преимущественно весной, потребность в пище растягивается частью на осень и главным образом на раннюю весну.

Многолетние злаки отличаются от однолетних неограниченностью своей побегопроизводительной способности, наступающей тотчас по окончании их цветения. Образование новых побегов требует одновременной затраты и воды и пищи. В то время когда происходит усиленное развитие стеблей из более старых побегов, они своей более развитой зеленой поверхностью отвлекают главную массу поступающей воды, и новые побеги в это время не могут развиваться. Поэтому и потребность луга в пище весной очень ограничена. Каждый побег после своего образования обладает самостоятельной корневой системой и представляет самостоятельное растение. Понятно, что потребность луга в воде и пище сильно возрастает после цветения.

Участь побегов будет различна при использовании луга укосом или пастьбой. При уборке укосом почти вся масса

побегов останется на лугу; только при уборке ручными граблями возможно собрать их более тщательно, но и при этом большая часть отдельных листьев и коротких побегов теряется раструшиванием и втаптывается в землю вокруг стогов, сараев, сеновалов и прессов. При стравливании луга пастьбой все побеги будут использованы наравне с более взрослыми стеблями.

После укоса или по окончании выпаса участка луга все развившиеся побеги будут уничтожены, и «отрастание луга» должно быть основано на развитии новых побегов. Это требует одновременно наличности и воды и пищи; пища же или использована пастьбой, или переведена в форму органического вещества побегов.

Вывод из предыдущего совершенно ясен. *Весеннее боронование лугов* в случае их использования укосом *бесполезно* и могло бы иметь производственное значение только при использовании луга *с весны* пастьбой, что, как мы увидим дальше, недопустимо. Боронование лугов, как мера, снабжающая узлы кущения притоком кислорода, должна быть проводима во время наибольшей деятельности узлов кущения, т. е. после укоса или окончания выпаса, когда все влияние корневого давления сосредоточено на развитии узлов кущения. Та же бороньба вследствие сухости почвы луга после укоса имеет значение повышения притока образующихся минеральных форм пищи к *корням* вновь развившихся из узлов кущения побегов злаков, а не к *поверхности почвы* луга. Совершенно очевидно, что такой момент никак не может наступить весной, когда почва луга содержит много воды и когда в почве господствует восходящий ток воды. Этот момент может осуществиться только после укоса или после окончания выпаса, когда почва луга иссушена урожаем травы и когда испаряющая поверхность растений уничтожена укосом или пастьбой.

Таким образом, единственным временем рационального применения рассматриваемой меры ухода является *боронование луга после каждого укоса и после окончания каждого периода*

*выпаса луга.* Мы увидим в дальнейшем, что рациональное расположение времени укосов позволяет использовать бороньбу и для максимального использования лугом периода летних дождей. Совершенно ясно, что крайний срок последнего укоса луга, независимо от назначения укоса, и последний срок выпаса луга должны быть сообразованы с временем наступления зимних холодов. Нужно дать время для образования до наступления зимы новых побегов, от степени осеннего развития которых будет в прямом отношении зависеть густота будущего весеннего травостоя луга, а следовательно, и продуктивность луга на будущий год. Очевидно, что для той же цели необходима *осенняя* бороньба луга тотчас после последнего укоса или прекращения пастьбы. Бороньба луга производится *обыкновенными* тяжелыми прицепными боронами в один или самое большое в два следа. Все «специальные» бороны безусловно исключаются.

## О ПАСТБИЩЕ

Не подлежит сомнению, что главнейшим моментом, определяющим величину продуктивности лугов, а следовательно, и степень производительности труда, затраченного на их возделывание, является время укоса лугов и организация использования их выпасом. Эти два способа использования настолько тесно переплетаются между собою, что подвергнуть их раздельному рассмотрению не представляется возможным. Прежде всего постараемся разобраться в отрицательных производственных моментах пастьбы как более простых с точки зрения луговодства и вместе с тем представляющих один из самых острых моментов организации производства.

Главным моментом, часто оказывающим отрицательное значение при выпасе, является неизбежное влияние на дернину тяжести пасущегося скота. Свойствами луга, противодействующими уплотнению его поверхности ногами скота, являются *упругость дернины и связность почвы* луга. Упругость дернины,

т. е. свойство массы дернины изменять свою форму под давлением и вновь принимать прежнюю форму после прекращения давления, зависит от количества содержащихся в ней живых и мертвых неразложившихся побегов злаков. Количество живых побегов в дернине луга представляет величину, колеблющуюся из года в год в неширокиx пределах. Что же касается количества мертвых побегов, то оно, как мы уже видели выше, возрастает из года в год в прогрессивном порядке. При этом возрастание сосредоточивается преимущественно в верхних слоях дернины, куда проникает кислород, необходимый для развития узлов кущения. Нужно не упускать из виду, что мертвые травянистые органические остатки обладают своей максимальной упругостью только в сухом состоянии, во влажном же состоянии они утрачивают свою упругость почти на 100%. Поэтому дернина луга способна сопротивляться давлению ног пасущихся животных только в сухом состоянии, и чем влажнее дернина, тем меньше ее сопротивление давлению.

Связность почвы, т. е. ее способность сопротивляться силам, стремящимся разъединить ее частицы, и силам, стремящимся изменить форму ее отдельностей, или, другими словами, сопротивление массы почвы на «скалывание» и на «деформацию» определяется содержанием в почве мельчайших частиц — «глины» и «перегноя», способных переходить в состояние «коллоидального раствора», о чем мы говорили выше, и ее структурностью. Степень связности почвы находится, так же как и степень упругости дернины, в зависимости от содержания в почве воды. Наибольшей связностью почва обладает в совершенно сухом состоянии. По мере увеличения содержания воды в почве связность прогрессивно уменьшается, и, начиная с определенного содержания воды в почве, в ней проявляется и прогрессивно развивается новое свойство, называемое «пластичностью». Пластичностью называется свойство массы почвы, не теряя связи между своими частицами, изменять под давлением свою форму и сохранять эту форму и после прекращения давле-

ния, чем пластичность отличается от упругости. После высыхания новая, приобретенная массой почвы под влиянием пластичности, форма вновь приобретает связность — почва делается твердой.

То состояние влажности бесструктурной почвы, при котором она утрачивает свою связность, но еще не приобретает пластичности, носит производственное название *спелости* почвы, и оно наступает при содержании воды, равном приблизительно 50% полной влагоемкости почвы. В таком состоянии почва легко рассыпается, не «мажется» при обработке и не «налипает» на орудия обработки.

Почвы, содержащие мало глинистых и перегнойных частиц, способных образовывать коллоидальные растворы, и состоящие преимущественно из крупных песчаных и хрящевых частиц, не обладают ни связностю, ни пластичностью, и обсуждение их отношений к культуре многолетних и однолетних травянистых растений выходит за пределы задач настоящего труда, составляя наряду с использованием почв, состоящих преимущественно из органического вещества, главы учения об использовании почв, непосредственно непригодных под сельскохозяйственное производство, путем их «коренного улучшения», или так называемой «мелиорации».

Сопоставляя зависимость от содержания воды свойств дернины и массы почвы с неизбежным при пастьбе давлением ног животных, мы будем принуждены сделать вывод, что весенняя пастьба вредна, так как она [пастьба] по еще непросохшему и мокрому лугу после весеннего максимума влажности должна привести к сильной потере структурности почвы и уплотнению ее верхнего слоя; между тем как раз в этом слое развиваются наиболее нуждающиеся в свободном притоке кислорода узлы кущения злаков. Создавшиеся неблагоприятные для кущения злаков условия повлекут за собою неизбежное изреживание травостоя луга и, следовательно, снижение его продуктивности, и рядом с этим вырастает и еще более важное последствие чрез-

вычайно замедленного восстановления использованного травостоя. Совокупное действие этих двух неизбежных последствий несвоевременной пастьбы приводит к *прогрессивности* падения продуктивности луга и быстроте перехода его в одноукосный разнотравный луг или в «выбитый» выгон, смотря по характеру использования.

Еще более вредно отразится пастьба на первом и втором годах пользования лугом. В этом случае, когда на лугу еще не обособилась плотная дернина, потому что в почве еще недостаточно накопились мертвые остатки побегов злаков, поверхность луга совсем не обладает упругостью. При отсутствии умеряющей давление упругости дернины животные при пастьбе даже по сухому первогоднему лугу всей своей тяжестью будут влиять на уплотнение верхнего слоя минеральной почвы и сразу создадут условия, граничащие с невозможностью развития многолетних злаков. На плотной бесструктурной почве создастся дернина толщиной около 0,5—1 см и, вследствие почти полной непроницаемости верхнего слоя для воды и невозможности для злаков использовать при создавшихся условиях минеральные формы пищи, сразу появляются зеленые мхи; исправить такой луг можно только перепашкой и пересевом.

Начало использования пастьбою с весны луга второго года повлечет за собою лишь смягченные результаты того же порядка, как и пастьба по лугу первого года пользования.

Едва ли стоит упоминать о том, что пастьба на лугу в его мокром состоянии, т. е. когда почва вследствие избытка воды достигла состояния пластичности, неминуемо повлечет за собою образование глубоких следов копыт животных. Уплотненное дно этих углублений совсем непроницаемо для воды, после каждого дождя следы будут наполняться водой, которая будет поддерживать избыточную влажность всего луга.

Если пастьба не будет прекращена, то очень скоро весь луг обратится в сплошную массу земляных кочек, выравнивание которых потребует чаще всего непроизводительного ручного

труда или фрезерования луга, так как неравномерность и неровность его поверхности сделают почти неосуществимым применение механизированных культурных приемов обработки.

Если взглянуть на вопрос об очень раннем использовании луга пастьбой с точки зрения продуктивности такого использования, то мы придем к не менее определенным выводам. Ранней весной запас наиболее ценных питательных веществ находится в подземных побегах злаков и в их узлах кущения. Мне известен только один вид многолетних злаков, у которого надземные части неплодущих побегов не отмирают в течение зимы и весной продолжают развиваться в плодущие стебли,— это типец, или типчак, юго-востока Союза (Festuca sulcata Hackel). На этой особенности его основана возможность зимнего содержания скота на подножном корму на юго-востоке. У других многолетних злаков надземные части побегов, образовавшиеся с осени, отмирают. Запасный материал, накопленный в утолщенных подземных частях побегов и в их узлах кущения, передвигается во вновь образующиеся побеги. Слишком раннее уничтожение молодых побегов приводит к образованию новых побегов, в то время как запасы предыдущего поколения непроизводительно затрачены на образование корневой системы, которая не могла быть полностью использована вследствие уничтожения побега пастьбой. Новый побег вновь развивает свою корневую систему, и на ее основе развивается более слабый побег, так как значительная часть запасного материала непроизводительно затрачена на создание неиспользованной корневой системы. Этим приемом пользуются для создания нежных слабых побегов ковра газона. При помощи этого приема уничтожения стеблевых частей побегов можно достигнуть обильного отложения корневой массы в почве, но это может быть достигнуто только путем резкого понижения продуктивности надземной части урожая луга.

*Неизбежность раннего выгона скота на подножный корм представляет пережиток старого индивидуального землеполь-*

*зования*; сохранение его при условиях коллективного землепользования должно быть рассматриваемо как следствие неправильной организации коллективного хозяйства. Недостаток сухого зеленого корма представляет существенный признак хозяйства на фоне паровой системы земледелия, и ранний выгон скота в этих условиях определяется зоологической необходимостью самой природы скота. Травопольная система земледелия предоставляет все возможности для изжития одной из самых ярких причин малой производительности труда в сельском хозяйстве.

Принимая в соображение все вышесказанное по отношению к использованию лугов пастьбой и уходу за лугами, можно составить следующие *общие правила*.

1. *В первом году пользования*: раннее весеннее укатывание луга; использование исключительно укосом; немедленное после каждого укоса боронование простой бороной не более двух следов каждый раз; если после второго укоса отрастает еще отава, она ни под каким видом не может быть использована пастьбой, а непременно укосом, который должен быть закончен не позже чем за три недели до наступления зимних холодов; трава последнего укоса может быть использована или для стойлового кормления зеленым кормом или как материал для силоса; после укоса отавы — боронование.

2. *Во втором году пользования*: раннее весеннее укатывание, если оно окажется необходимым; боронование после первого укоса; после первого укоса возможно допустить начало правильной пастьбы, но лучше использовать еще один укос с последующим боронованием и использованием отавы пастьбой. Пастьбу следует начинать после первого укоса не ранее начала выметания стеблей, и выпас вести участками; скот перед выгоном получает дачу корма в стойле; после окончания выпаса каждого участка он боронуется не ранее подсыхания экскрементов животных; повторный выпас и пастьба по отаве могут быть начаты не ранее образования сомкнутого травостоя; вы-

пас должен быть прекращен не позже чем за три недели до наступления зимних холодов; бороньба обязательна по окончании выпаса каждого участка.

3. *В третьем году пользования*: последнее раннее весеннее укатывание, если оно окажется нужным; с этого года может начаться непрерывное использование луга правильной пастьбой с боронованием после выпаса каждого участка; однако более производительным всегда оказывается использование первого урожая травы в форме укоса с последующим боронованием и дальнейшим использованием луга пастьбой.

Еще раз следует напомнить, что пастьба при наступлении периодов сильной влажности лугов должна быть прерываема, хотя следует оговориться, что при неукоснительном применении бороньбы периоды усиленной влажности лугов летом и осенью наступают в исключительно редких случаях. Гораздо вероятнее наступление таких периодов весной, и в этом кроется одна из причин большей продуктивности луга при использовании первого урожая травы укосом. Боронование после окончания выпаса должно быть произведено в последний год пользования лугом перед его вспашкой. Цель этого боронования — равномерное распределение экскрементов животных с целью избежания пестроты поля будущего года.

## УБОРКА ЛУГА

Вопросом едва ли не центрального значения в деле использования культурных лугов является *время уборки луга укосом.* Трудно решить, на чем основано иногда еще встречающееся у нас предубеждение против ранних укосов. По крайней мере, все, что известно по биологии многолетних травянистых растений, и условия хозяйственной обстановки единогласно предписывают ранние укосы лугов.

В развитии многолетних злаков ясно намечается ряд моментов, значение которых мы должны использовать в производстве.

Первым из них надо считать осеннее образование побегов. Оно протекает под влиянием того переворота, который вносит в развитие злака предшествующий укос. При непрерывном развитии злака деятельность главного стебля, переходящего после цветения к стадии созревания семян, требует все меньшей затраты воды; в нем происходит процесс передвижения уже готовых органических веществ к семени, не требующий большой затраты энергии. Между тем продолжающая развиваться корневая система не ослабляет своей работы, и избыток работы ее, выражающийся в корневом давлении, находит себе исход в образовании новых побегов. Рядом с прогрессирующим процессом созревания семян наблюдаем постепенно нарастающий процесс осеннего кущения; образуются те побеги, которые разовьются в стебли на будущий год.

При укосе получается сразу резкое прекращение деятельности главных стеблей, и все корневое давление направляется на развитие новых побегов. В это время потребность кустящегося злака в воде и в пище достигает своего максимума. Побег откладывает массу запасного органического вещества в своем первом междоузлии, в окружающем его листовом влагалище и в узле кущения и окружающем его основании листового влагалища, так что у многих злаков эти органы принимают внешнюю форму луковиц, как это часто наблюдается у ежи, тимофеевки, житняка, некоторых овсяниц и в особенности у луковичного ячменя (Hordeum bulbosum L.). Часто эти основные узлы кущения образуют новые последовательные поколения побегов, которые, однако, не все достигают необходимой степени спелости и в значительной части отмирают зимой.

Весеннее развитие злаков ясно делится на три фазы.

Первая заключается в интенсивном развитии в стебли побегов, заложенных с осени. Зачатки всех частей стебля уже заложены в узле кущения, и развитие их в длину происходит преимущественно посредством вставочного роста оснований стеблей. Все количество запасного материала, накопленного

осенью в первом междоузлии и в первых двух утолщенных листовых влагалищах, передвигается в стебли и дополняется новым материалом, образуемым зеленою поверхностью злаков. Эта фаза продолжается до завершения процесса «выметывания» метелок, и в этой фазе в массе злаков содержится максимальное количество белков и подвижных безазотных соединений.

Далее следует фаза цветения, требующая наибольшей затраты динамической энергии и в связи с этим сопровождающаяся усиленным разрушением белковых веществ. Эта фаза связана с уменьшением абсолютного количества сухого вещества, с резким уменьшением количества белков в организме злака, с повышенной тратой воды и с огрубением механических тканей стеблей, которые быстро деревянеют и приобретают соломистый характер.

Наконец, наступает третья, последняя фаза развития — процесс образования семян, на котором мы останавливались выше. Нужно прибавить, что у луговых злаков эта фаза сопровождается новым усилением вставочного роста основания второго междоузлия, и весь стебель приобретает наклонность к полеганию.

Совершенно твердо установлено в производстве, что если мы в расчете на *увеличение* прироста общей массы органического вещества отложим укос до конца цветения, то соберем в среднем на 20% *меньше* общей массы органического вещества по сравнению с тем, которое мы получили бы, если бы произвели укос в конце стадии выметывания метелок, до начала цветения луга. Эта величина касается общей массы укоса.

Но если мы обратим внимание на состав укоса, то мы увидим, что в сене, убранном в период конца цветения, содержится на 50% *меньше белков*, чем в сене, собранном при конце выметывания метелок, т. е. наполовину меньше, так как половина содержащихся белков была разрушена для получения динамической энергии, затраченной на биологический акт цветения.

Кроме того, отработавшая энергия освобождается в форме тепла, и для охлаждения растения до его рабочей температуры требуется усиленная транспирация и, следовательно, потребление воды. *Таким образом, совершенно бесполезный с производственной точки зрения акт цветения луга обходится производству в уменьшение на 20% общей массы сена, причем получаемое сено содержит вдвое меньше белков, и эти огромные потери обходятся, кроме того, в значительное количество воды, усиленно испаряемой лугом для достижения огромного производственного вреда.*

Но, кроме того, и производственное значение оставшихся белков значительно ниже, что выражается в понижении их переваримости на 10%. И переваримость клетчатки сена позднего укоса также падает приблизительно на 10% вследствие отложения в ней древесины.

Несмотря, однако, на подавляющую величину приведенных потерь, они на самом деле еще больше. Часто указывают на то, что если скосить траву еще позже, то общая масса укоса к моменту начала созревания семян опять возрастет, потеря 20% веса почти выравнится. Это наблюдение подтверждается и опытом, но оно касается исключительно массы укоса. Совершенно иную картину мы увидим, если обратим внимание на качество сена очень позднего укоса. Прирост массы, достигающий 20%, получается за счет начинающегося развития новых побегов, о которых была речь выше. Кормовая ценность этих побегов, несомненно, большая. Но если обратить внимание на главную массу — 80% всего позднего укоса, то все ценные содержавшиеся в нем вещества передвинулись в плоды, и стебли по своему составу не отличаются от озимой соломы.

Плоды злаков частью осыпаются при уборке, остальная часть полностью попадает в труху, и в результате поздний укос сена будет состоять приблизительно из смеси 80% соломы и 20% сена. Часто приходится слышать, что сено поздних

укосов сохнет скорее, чем сено ранних укосов. С этим нельзя не согласиться: солома сохнет скорее травы.

Ко всему сказанному необходимо добавить, что укос, произведенный позже момента окончания выметывания метелок, лишает производство второго укоса. Поздно скошенный луг может дать только укос отавы, между тем как луг, скошенный во-время, всегда дает второй укос сена, почти равный по массе первому и состоящий из выметывающих метелки стеблей, и, кроме того, еще следует отава. Поэтому следует твердо запомнить, что, кроме понижения качества продукции, *поздние укосы вдвое снижают количественную продуктивность луга.* Причины этого объяснены выше, и нужно еще добавить, что при срезании стеблей до наступления усиленного потребления ими воды на цветение все оставшееся в почве количество воды направляется на усиление корневого давления и быстрое развитие из побегов новых стеблей.

Необходимо иметь в виду и еще одно чрезвычайно важное условие. Весь пояс «умеренного» климата, за немногими местными исключениями, лежит в полосе летних дождей. Поздние укосы большей частью совпадают с началом дождливого периода и не только заставляют откладывать изо дня в день уборку, лишая этим возможности получения второго укоса, но и сильно вредят убираемому сену.

Сушка сена слагается из двух моментов — испарения воды и уменьшения массы органического вещества под влиянием процесса так называемого «дыхания». Первый процесс представляет простое уменьшение количества воды: от 75—80% его содержания в свежескошенной траве до 16—14% ее уборочного содержания в сене. Что касается процесса так называемого «дыхания», то он весьма сложен и еще не достаточно изучен. При сушке в ясную солнечную погоду общая потеря в весе органического вещества не превышает 3—5%. Но при затянувшейся сушке в безветренную пасмурную погоду эта потеря веса массы сена может достигнуть величины 10—12%.

Обыкновенно предполагается, что значительные потери в весе сена зависят от его непосредственного выщелачивания. Но, повидимому, потери от непосредственного выщелачивания сена, даже высохшего, не превышают 3—4%. Гораздо сильнее на уменьшение веса сена и на изменение его состава влияют протекающие в мокром от дождя сене непосредственные химические явления и его разложение под влиянием бактерий и грибов. Эти потери могут достигать очень большой величины, доходя до 50%. При этом кормовое достоинство сена может также снижаться в очень значительной степени, переваримость такого сена может уменьшиться на 30 %.

Все, вместе взятое, не оставляет никакого сомнения в необходимости *перехода к ранним укосам*, или, другими словами, к двуукосному лугопользованию, тем более, что такое использование не только поднимает, по меньшей мере, в два раза продуктивность лугов, но и способствует более равномерному распределению рабочей нагрузки в течение летнего периода.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переход к правильно и производительно используемой зеленой кормовой площади в капиталистическом строе неосуществим. Углубление противоречий капиталистического способа производства, кризисы, наличие частной собственности на землю — не дают возможности рационально решить в условиях капитализма проблему луговодства как одну из основ решения задачи увеличения и расширения животноводства.

При плановом социалистическом хозяйстве мы имеем все возможности решения задачи обеспечения животноводства зеленой кормовой площадью. Такая возможность в условиях СССР базируется на национализации земли, быстром темпе роста социалистической индустрии и всего народного хозяйства в целом. Возможность рациональной организации зеленой кормовой площади основывается на внедрении механизации и химизации в сельское хозяйство при ряде крупнейших государственных мероприятий — орошении, дренаже и т. д. Проблема рационального луговодства в СССР решается на базе строительства совхозов, развертывания МТС, коллективизации деревни.

Организационно-хозяйственное укрепление совхозов и колхозов — сейчас основной ключ к решению поднятия производительности труда в сельском хозяйстве и правильной налаженности процесса производства, в том числе и к правильной организации зеленой кормовой площади и получению от нее максимальной эффективности.

Нам жаловаться на малоземелье не годится. Ни в северных районах СССР, где имеются неисчислимые количества «бросовых» земель, пригодных для луговодства, ни в южных районах, где, наряду со всеми другими мероприятиями, введение агротехники и одного из ее многих средств — севооборота — обеспечит полное и рациональное использование всех земельных площадей, не сокращая, а закрепляя, в ряде районов увеличивая, зерновые культуры, при возможности получения в то же время высокой ценности технического и животноводческого сырья, полуфабрикатов и продуктов для социалистической страны.

Из страны мелкого и мельчайшего земледелия СССР стал страной самого крупного в мире земледелия. Задача состоит в том, чтобы СССР стал страной и самого высокого по качеству земледелия. По отношению же зеленой кормовой площади социалистического животноводства задача состоит в том, чтобы правильно и рационально ее организовать. На помощь решению этой задачи и направлена данная книга.

# ИЗБРАННЫЕ ГЛАВЫ ИЗ КУРСА «ПОЧВОВЕДЕНИЕ»





*ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ*[17]

# ВОДОРАЗДЕЛЬНОЕ БОЛОТО

## УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ЛУГОВОЙ ФОРМАЦИИ НА ВОДОРАЗДЕЛЕ

Из анализа условий роста леса на водоразделе и особенно из анализа причин очищения им этой области ясно вытекает, что и развитие травянистой луговой формации, сменяющей в лесолуговой зоне лесную растительную формацию, должно в своей эволюции в области водораздела беспрерывно находиться под подавляющим влиянием двух факторов, которые находятся здесь в состоянии относительного минимума. *Этими критическими факторами будут вода и питательные вещества.*

В зависимости от того, какова будет ближайшая причина исчезновения леса на водоразделе, получит то или иное выражение и первоначальная стадия эволюции дернового процесса на водоразделе. Часто ближайшей причиной уничтожения леса на водоразделе является вырубка его, сопровождающаяся дальнейшей пастьбой скота на вырубленной площади. Пастьба скота является одним из наиболее сильных препятствий для естественного лесовозобновления, и лес при этих условиях сразу уступает свое место травянистым растительным сообществам.

## КОРНЕВИЩЕВЫЙ ПЕРИОД ЛУГА НА ВОДОРАЗДЕЛЕ

Проявление первой стадии дернового процесса отличается в этих условиях чрезвычайно ясно выраженной мимолетностью.

Как бы велико ни было количество надземных мертвых органических остатков после вырубки изреженного леса, разрушение их грибной флорой совершается чрезвычайно быстро. Поэтому существование сообщества корневищевых бурьянистых растений здесь отличается резко выраженной эфемерностью. Через год после вырубки леса они остаются только группами, сосредоточенными, главным образом, близ пней и ворохов хвороста, вершинника и древесной коры. Такими свойствами обладает характерная корневищевая флора сечи, яркими представителями которой являются иван-чай (Chamaenerium angustifolium Scop.), золототысячник (Solidago virga aurea L.), вербейник (Lysimachia vulgaris L.) и земляника (Fragaria vesca L.). Флора сечи исчезает чрезвычайно быстро, и обыкновенно уже через год-два после своего появления уступает место сообществу корневищевых злаков, чаще всего вейнику (Calamagrostis epigeios Roth.).

Вейник также часто сосредоточивается вокруг пней, поверхностные корни которых в верхних своих частях разрушаются под влиянием грибной флоры, и их полуразрушенная трухлявая кора и древесина являются удобной средой для развития корневищ этого злака.

Как только будут окончательно разрушены мертвые остатки срубленного леса, что происходит обыкновенно через 3—4 года, так тотчас наступает резко выраженный перелом в ходе эволюции дернового процесса, который станет совершенно ясным после анализа создавшихся условий.

Очевидно, что как только прекратится существование леса на водоразделе, так тотчас прекратится приток к поверхностным горизонтам почвы новых количеств зольных элементов пищи растений из глубоких горизонтов породы. Вместе с этим единственным для водораздела источником прекратится всякое новое поступление зольных элементов пищи растений.

Вместе с тем с исчезновением леса прекратится и его регулирующее влияние на водный режим водораздела. Снеговые воды

будут быстро сбегать. Также бурно будут проноситься через толщу элювия морены и ток почвенной воды по направлению к склону, унося с собою все зольные элементы, которые перешли в минеральную форму и не были усвоены скудным ковром травянистого покрова.

Весной и летом в рыхлом сухом рухляковом покрове водораздельного элювия начинается ярко выраженный процесс аэробного разложения деревянистых и травянистых растительных остатков и минерализации заключающихся в них зольных элементов. Освобождающиеся зольные элементы пищи растений не могут быть, однако, полностью усвоены занимающим почву сообществом корневищевых злаков. Из-за недостатка воды злаки не могут развить необходимой величины листовой поверхности, и большая часть зольных элементов остается непереведенной в живое органическое вещество.

Мертвое органическое вещество органических остатков, благодаря своей чрезвычайной влагоемкости, удержит из эфемерного тока почвенной воды достаточное ее количество для обеспечения начала своего аэробного разложения. Но скудное количество органического вещества, редко рассеянного в массе почвы, не в состоянии ни задержать быстроты тока почвенной воды, ни сделать большого запаса воды, достаточного для процветания корневищевых злаков. Кроме того, вместе с величиной влагоемкости, определяющей собою величину общего запаса воды в почве, растет и величина мертвого запаса воды в ней, т. е. того количества воды, которое не может быть усвоено из почвы высшими растениями ни при каких условиях.

В силу слагающихся таким образом условий всякий дождь, вызывающий возникновение тока почвенной воды, неминуемо вымывает некоторое количество зольных элементов пищи растений из области водораздела по направлению к области склонов. И процесс абсолютного обеднения области водораздела, начавший развиваться еще во время господства лесной растительной формации, будет продолжать прогрессивно

развиваться. При этом прогрессивность развития касается преимущественно частоты процесса периодического промывания верхних горизонтов почвы. Процесс же собственно выщелачивания будет развиваться в направлении своего затухания по причине все большего абсолютного обеднения поверхностных слоев почвы растворимыми в воде элементами, в том числе и элементами зольной пищи растений.

При слагающихся таким образом условиях наступает момент, когда остатки корней лесного сообщества окончательно разрушатся.

Минеральные элементы почвы, которая не была в состоянии накопить органического вещества, сплотняются под влиянием периодически проходящих через нее токов воды в сплошную бесструктурную раздельнозернистую массу. Корневищевые злаки уже не находят в ней достаточно обильного притока воздуха и сообщество их принуждено изчезнуть с занимаемой им территории.

## ОТСУТСТВИЕ РЫХЛОКУСТОВОГО И ПЛОТНОКУСТОВОГО ПЕРИОДА ЛУГА НА ВОДОРАЗДЕЛЕ

На смену сообщества корневищевых злаков на водоразделе не наступает яркого выражения обычных стадий: ни рыхлокустовой, ни плотнокустовой. Запас органического вещества в верхних горизонтах почвы настолько ничтожен и распределен в виде настолько редкого рассеяния, что кустовые злаки своими корнями, расходящимися радиально из одного центра узлов кущения куста, не в состоянии охватить достаточно большого объема почвы, необходимого для обеспечения их зольного питания. Поэтому эти злаки встречаются в области водораздела лишь в виде рассеянного травостоя, никогда не образуя сплошных сомкнутых сообществ.

Характерными злаками водораздела являются тимофеевка (Phleum pratense L.), представленная здесь разновидностью,

чрезвычайно рано созревающей, но зато дающей ничтожную листовую массу и грубые быстро деревянеющие стебли. Здесь же встречается такая же грубая форма коротконожки (Brachypodium silvaticum Roem. et Schult.), чрезвычайно ранние и не менее грубые разновидности ежи (Dactylis glomerata L.) и редко рассеянные экземпляры жалких кустов душистого колоска (Anthoxanthum odoratum L.) и гребенника (Cynosurus cristatus L.).

Очевидно, что азотное питание этих злаков без помощи бобовых растений может быть осуществлено лишь в очень слабой степени. И в действительности область водораздела в периоды корневищевой и рыхлокустовой стадий развития дернового процесса всегда характеризуется вкрапленными пятнами бобовых. Наиболее характерными представителями бобовых являются корневищевые роды их. Так, Trifolium medium L. представлен здесь формой с чрезвычайно мелкими волосистыми жесткими листьями, не образующей плотного обильного куста. Также часто встречается и белый клевер (Trifolium repens L.), обладающий здесь длиннейшими укореняющимися побегами с листьями ничтожной величины на очень коротких черешках. Здесь же мы находим и котик (Trifolium arvensis L.), язвенник (Anthyllis vulneraria L.), желтый клевер (Trifolium agrarium L.) и бурый клевер (T. spadiceum L.) в жалких рассеянных экземплярах.

Скудное развитие злаков дает возможность развития и зеленым полупаразитам. И в области водораздела всегда встречаются вкрапленные в основную массу растительного сообщества виды родов Melampyrum, Rhinanthus, Euphrasia и Odontites.

Представители плотнокустовых злаков также представлены в виде отдельных дерновинок белоуса (Nardus stricta L.) и овечьей овсяницы (Festuca ovina L.). Овсяница, как и предыдущие растения, представлена быстро созревающей, мелкой, жесткой соломистой формой.

## РАЗВИТИЕ ЯГОДНЫХ КУСТАРНИКОВ НА ВОДОРАЗДЕЛЕ

Характеризованная выше флора в описываемую стадию развития дернового процесса ютится близ пней и муравейников, где еще остается некоторое количество органического вещества более толстых корней или обломков, собранных в кучи муравьями, и где разложение его требует несколько большего времени.

Промежутки между этими скоплениями органического вещества тотчас после отмирания корневищевых злаков захватываются корневищевыми деревянистыми кустарниками, которые, обладая многолетними подземными стеблями или надземными стелющимися побегами, могут захватить объем почвы, необходимый для их питания зольными элементами. Такими кустарниками являются брусника (Vaccinium vitis idea L.), черника (V. myrtillus L.), грушанка (Pirola rotundifolia L., P. secunda L.), и реже ежевика (Rubus caesius L.). Все эти растения принадлежат к типу микотрофно питающихся. Широко расползаясь по поверхностным горизонтам почвы, они могут использовать скудно и редко рассеянные органические остатки предшествовавшего растительного сообщества.

Непременным членом развивающегося растительного сообщества являются микотрофные плауны (Lycopodium clavatum L. с его часто саженными стелющимися стеблями и толстыми микотрофными корнями и, реже предыдущего, Lycopodium complanatum L.).

## MXII — СПУТНИКИ ЯГОДНЫХ КУСТАРНИКОВ

Одновременно со своим развитием на промежутках между пнями сообщество ягодных кустарников начинает завоевывать и районы почвы вокруг пней и муравьиных куч, что ему легко удается, благодаря длинным ползучим надземным и подземным стеблям растений, слагающих это сообщество. В этих райо-

нах к нему присоединяются микотрофные мхи (Polytrichum commune L., P. juniperinum Willd. и другие виды), не встречавшие, как не обладающие ползучими стеблями, подходящих условий в пространствах между пнями и находящие превосходные условия для своего развития в скоплениях органического вещества пней и муравьиных куч. Усиленное развитие дерновин Polytrichum'а влечет за собою быстрое образование полусферических кочек, часто очень больших и представляющих основную массу Polytrichum'а, проросшую брусникой и равномерно пронизанную жалкими былками белоуса (Nardus stricta L.), болотного мятлика (Poa fertilis Host.), трясунки (Briza media L.), достигающей здесь высоты не более 10—15 см и полевицы обыкновенной (Agrostis vulgaris With.).

Под влиянием нового сообщества условия питательного режима подвергаются еще более резко выраженным изменениям. Плотные подушки Polytrichum'а, переплетенные надземными и беспрерывно погребаемыми мхом побегами кустарников, сливаются в плотный влагоемкий покров. Корневая система всех представителей рассматриваемого растительного сообщества совершенно покидает минеральные горизонты почвы водораздела. В горизонте подзола почти совершенно исчерпаны питательные зольные элементы, и с исчезновением последних исчезает и стимул для развития корневой системы в направлении минеральных горизонтов. Все в высшей степени ограниченное количество зольных элементов пищи растений сосредоточено в начинающем обособляться верхнем горизонте мертвых органических остатков Polytrichum'а, Lycopodium'а и кустарников. Мертвый войлок удерживает все выпадающее количество атмосферных остатков, и в новом дерновом горизонте, расположенном *над подзолистым горизонтом* и резко, почти без перехода, от него отграниченном, устанавливается безраздельное господство анаэробиозиса.

Начинается новая фаза эволюции дернового процесса — его болотный период.

## ДЕРНОВЫЙ ПРОЦЕСС НА ВОДОРАЗДЕЛЕ

Ярко выраженным существенным признаком дернового процесса на водоразделе является чрезвычайная *краткосрочность всех начальных фаз развития его*, стоящая в очевидной прямой зависимости от крайней скудости абсолютной величины запаса питательных зольных элементов в почвах водораздела. Чем резче выражена ограниченность этого запаса, тем короче, тем скомканнее выражаются все начальные фазы дернового процесса. Особенно яркую иллюстрацию этого положения представляет ход развития дернового процесса на водоразделах, состоящих из голых гранитных скал, что является обычным в Карельской республике и в Финляндии. Под влиянием делювиальных потоков часто весь рухляковый моренный покров является снесенным с водоразделов, сложенных из грубых обломков растрескавшегося и разрушающегося на месте (in situ) гранита коренных пород, к которым иногда примешивается незначительное количество грубых элементов элювия морены.

Такие скалистые водоразделы обыкновенно бывают покрыты сосновым лесом. При правильном использовании леса естественное его возобновление на нешироких лесосеках идет превосходно, и в течение долгих лет лесное растительное сообщество не испытывает угнетающего действия недостатка питательных веществ. Мелкозем, легко сносимый с крутых поверхностей скал, беспрерывно освобождает новые поверхности гранита для деятельности агентов выветривания и подзолообразовательного процесса. Атмосферная вода, легко смывая продукты деятельности агентов выветривания и подзолообразования, вмывает их в глубокие трещины коренной породы, по которым извиваются корни деревьев, доставляя последним обильное питание как азотной пищей, так и зольными элементами.

Но как только, благодаря неумелому лесопользованию, или ветровалу, или лесному пожару, очищается от леса широкое пространство, естественное обсеменение встречает непреодоли-

мое препятствие, отчасти вследствие трудности переноса семян, а главным образом, вследствие беспрепятственного развития делювиальных потоков, сносящих все неприкрепленное, что особенно резко выражается в случае гибели леса от пожара, когда совершенно уничтожается мертвая лесная подстилка.

В последнем случае первые фазы развития дернового процесса совершенно выпадают, и по расселинам голых скал, начисто отмытых дождями от всех остатков золы лесной подстилки, начинает селиться последний член болотного периода дернового процесса — Sphagnum, который, не встречая конкурентов, быстро, в два-три года, завоевывает все очищенное от леса пространство. На высших элементах рельефа, на крутизнах, на которых вода не может задержаться ни на одно мгновение, начинает развиваться моховое болото, которое своим влагоемким покровом удерживает атмосферную воду на этих высших точках рельефа.

В случаях, когда лесная подстилка остается в целости — когда лес погиб от бури или от применения массовой рубки неумеренно широкими лесосеками, картина смены лесного сообщества несколько изменяется. После уничтожения леса на незатененной лесной почве начинается бурное разложение лесной подстилки и, как результат его, бурное развитие корневищевой бурьянистой растительности, продолжающееся лишь до тех пор, пока остаются неразрушенные элементы лесной подстилки. Но как только исчезла подстилка, так тотчас появляется без всяких промежуточных фаз развития тот же последний член болотного периода дернового процесса — Sphagnum. Все зольные элементы, получившиеся от разложения подстилки и аэробного разложения грубой бурьянистой корневищевой растительности, оставляющей свои отмершие остатки только на поверхности непроницаемой скалы, смываются атмосферной водой в недосягаемые для корней травянистой растительности глубокие расселины коренной породы, и на остающейся

бесплодной скале сфагновый мох погребает все — и скалу, и бурелом, и пни.

### ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА ОБРАЗОВАНИЯ БОЛОТ

Изучение эволюции дернового процесса в области водораздела приводит нас к логически неизбежному выражению основной причины образования болот или, вернее, причины наступления болотного периода дернового процесса.

*Причиной наступления и развития болотного периода дернового процесса* или, короче, *причиной образования болота является нахождение в состоянии минимума зольных элементов питания растений, а не избыток воды. Избыток же воды в болоте является простой функцией существенного свойства органического вещества — его влагоемкости и неразрывно связанной с этим свойством медленности волосной передачи воды, граничащей с полной ее неподвижностью.*

### ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ВОДОРАЗДЕЛЬНОГО БОЛОТА

Развитие болотного периода дернового почвообразовательного процесса на водоразделах, сохранивших свой рухляковый моренный покров, начавшееся, как мы видели, появлением и полным заполнением территории Polytrichum'ом и ягодными кустарниками, отличается также довольно резко выраженными особенностями.

Главною из этих особенностей представляется чрезвычайная медленность нарастания мощности торфяного покрова, который поэтому лишь в редких случаях представляет значительное развитие в глубину, достигая лишь в исключительных случаях глубины 2 м и, обыкновенно, не превышая мощности 100—150 см. Второй особенностью водораздельного болота является чрезвычайное однообразие его флоры и угнетенный рост всех представителей этой флоры.

Указанные особенности водораздельного болота являются очевидными следствиями крайнего недостатка зольных эле-

ментов пищи растений, борьба за обладание которыми достигает крайнего обострения и приводит к почти полному истощению и временных победителей и временно побежденных.

Третья особенность, резко характеризующая водораздельное болото, это чрезвычайная трудность и медленность достижения торфом, его образующим, состояния так называемой *«спелости»*. Это свойство, как мы уже упоминали в главе об общих свойствах дернового процесса, также находится в прямой зависимости от бедности торфа водораздельного болота зольными элементами. С подтверждением этого последнего положения мы встретимся в дальнейшем при изучении болот притеррасной области поймы.

Преобладающее господство Polytrichum'а на поверхности начинающего развиваться водораздельного болота продолжается также недолго. К его массе начинает примешиваться сначала группа автотрофно питающихся мхов, чаще всего Hypnum Schreberi Willd., Ptilium crista castrensis De Not. и Climacium dendroides Web. et Mohr. Эти мхи, развиваясь на основе притока зольных элементов, получающихся при аэробном разложении органических остатков кустарников, сильно подавляют развитие Polytrichum'а, всасывающий аппарат которого, повидимому, менее совершенно приспособлен к питанию в сильно разжиженной среде. Поэтому, по мере удаления поверхности нарастающего болота от поверхности минеральной почвы и по мере роста кочек в вышину и погружения в их толщу остатков пней и муравьиных куч, преимущество начинает оставаться за ягодными кустарниками с их широко распределенной по стелющимся побегам и ползучим корневищам корневой системой и за зелеными автотрофно питающимися мхами, зависящими в своем питании от развития ягодных кустарников.

## СФАГНОВЫЙ ПЕРИОД ВОДОРАЗДЕЛЬНОГО БОЛОТА

Но и стадия господства гипнового болота на водоразделе очень скоропреходяща. Скоро среди представителей зеленых

мхов появляются красные и белые дерновинки сфагнума, и в короткий срок торфяной мох погребает всю поверхность водораздельного болота. А так как на водоразделе прирост сфагнума в вышину очень мал, то сфагновое водораздельное болото долго сохраняет контуры поверхности предыдущей стадии развития. Оно надолго остается покрытым широкими полусферическими кочками, а в областях с большим количеством валунов на водоразделах, часто прорывая массив торфяного болота, выдаются поросшие лишайниками округленные контуры валунов кристаллических пород.

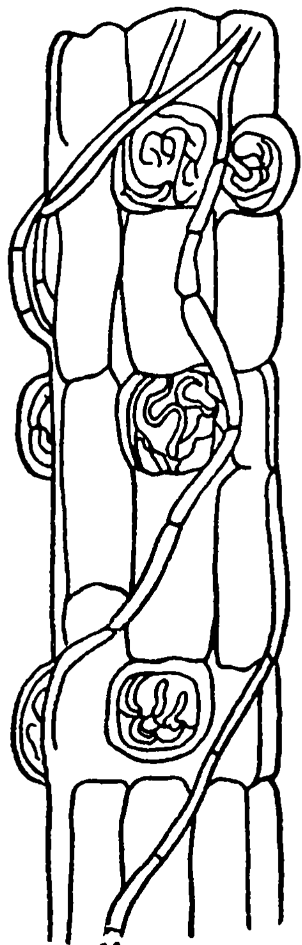


Рис. 1. Эктотрофная и эндотрофная микориза на корнях клюквы. Специальные клетки — «домации» грибка хорошо выделяются. По В. Л. Комарову. Практический курс ботаники. Часть I, стр. 168. П., 1923.

Во время сфагновой стадии водораздельное болото представляет яркую картину чрезвычайного угнетения всех членов растительного сообщества мохового болота. Обычного явления преобладания развития какой-либо одной группы членов этого растительного сообщества и угнетения других тут не наблюдается. Антагонисты в других условиях, здесь все члены растительного сообщества объединяются в характере своего развития одной общей причиной — критически обостренным недостатком зольного питания.

Виды сфагнума, составляющие общий фон болота, представлены сильно укороченными экземплярами, ежегодный прирост которых в вышину достигает ничтожной величины. Участки стеблей между листочками сокращены до такой степени, что верхушки растениц представляются мутовчатыми, и вся поверхность болота имеет как бы курчавый вид.

Травянистая флора водораздельного сфагнового болота представлена ничтожными, тонкими — как нитки — былками

белой полевицы (Agrostis alba L.) и полевицы собачьей (A. canina L.), никогда не выкидывающими метелок, и ничтожным числом так же, как и злаки, подавленных осок (Carex dioica L., C. pauciflora Lightf., C. limosa L.). Осоки представляют собой кустики всего в два-три листика, рассеянные на длиннейших и тончайших корневищах, и несут на очень коротких стебельках один-два цветка, почти никогда не образующих плодов. Пушица (Eriophorum vaginatum L.), шейхцерия (Scheuchzeria palustris L.) представлены также подавленными экземплярами. Круглая осока (Heleocharis), ситники (Juncaceae), орхидеи (Orchidaceae) и другие представители широколиственных травянистых растений сообщества мохового болота или отсутствуют или встречаются как крайняя редкость.

Корневищевые деревянистые кустарники сообщества мохового болота представлены почти исключительно микотрофной клюквой (Oxycoccos microcarpus Turcz, см. рис. 1), с тонкими, почти лишенными листьев, стеблями; с листьями, обращенными почти в чешуи; с редкими мелкими цветами и ягодками на укороченных цветоножках.

Кусты ив большей частью отсутствуют. Вполне отсутствуют багульник (Ledum palustre L.) и другие представители вересковых. Из берез изредка встречаются жалкие побеги карликовой березы (Betula nana L.), едва заметные вследствие ничтожного облиствения. Росянка (Drosera rotundifolia L.) почти лишена своих характерных корневищ и представлена плотными розетками почти сидячих листьев.

## СОСНА ВОДОРАЗДЕЛЬНОГО БОЛОТА

Все эти члены сообщества развиваются одновременно и все одинаково несут признаки крайнего угнетения. Наконец, в виде чрезвычайно редко рассеянных экземпляров на расстоянии десятков метров друг от друга рассеяны деревца болотной сосны и жалкие одиночные экземпляры ели. Деревца болотной

сосны, как и все другие представители флоры водораздельного болота, представляют картину крайнего угнетения. Деревцо, едва достигающее в поперечнике 3—5 см в комле, при росте в 1,4—1,75 м, насчитывает часто до 150 лет возраста — ясный признак, что на таком болоте нет следов обычного антагонизма мхов и травянистых и деревянистых членов сообщества. Деревца сосны редко имеют более десятка тонких повислых сучьев, только на концах своих несущих по нескольку десятков парных хвой, едва достигающих длины одного сантиметра. Такое деревцо несет не более двух-трех шишек, не крупнее лесного ореха каждая. Ствол и сучки болотной сосны почти сплошь покрыты густым войлоком лишайников.

В таком состоянии чрезвычайного угнетения водораздельное болото продолжает свое существование сотни лет, пока, наконец, не наступает период регрессивного его развития. С этим процессом, общим для всех болотных образований, мы познакомимся при изучении следующих, геологически более древних почвенных зон.

Торф, отлагаемый растительным сообществом водораздельного болота, отличается крайне малым содержанием золы и вследствие этого представляет топливо весьма высокого качества, лишь немногим уступая в этом отношении торфу тундры. Отдельные горизонты пней в нем отсутствуют, и более крупные пни встречаются лишь на границе подстилающей его минеральной почвы. Отдельные прослойки осокового торфа также не выражены, волокнистый пушицевый торф отсутствует. Вся масса мохового торфа водораздельного болота равномерно пронизана мертвыми остатками деревянистых кустарников и пеньками и валежником болотной сосны.

* * *

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ВОДОРАЗДЕЛЬНЫХ ДЕРНОВОПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Вполне развитые дерново-подзолистые почвы водоразделов лесо-луговой зоны в двух стадиях своего развития, начальной и конечной, представляют в разрезе картину почти совпадающих морфологических признаков, дополняемых во второй стадии лишь присутствием верхнего торфяного горизонта.

Под покровом торфяного горизонта признаки и свойства нижележащих минеральных горизонтов не подвергаются никаким изменениям. Это станет понятным, если припомнить, что подзолистый горизонт не содержит никаких элементов, которые могли бы изменить свои внешние признаки под действием восстановительных процессов, вызываемых условиями анаэробиозиса в верхних, содержащих органические остатки горизонтах почвы. В горизонте материнской породы окись железа не восстанавливается вследствие полного отсутствия здесь органического вещества, без которого развитие анаэробных бактерий исключено.

Таким образом, разрез водораздельной дерново-подзолистой почвы, находящейся в стадии начального развития дернового процесса, представляет следующие признаки:

а) *Дерновый горизонт* в минеральной части почвы едва выражен, простираясь в глубину не более 2—3 см, совершенно бесструктурен и без признаков слоистого сложения, почти не содержит органических остатков и окрашен в серый цвет аморфным перегноем. Быстро и равномерно ослабевающая окраска его составляет едва уловимый переход к подзолистому горизонту. Часть дернового горизонта, расположенная над минеральной почвой, представляет плотный и очень прочный войлок органических остатков преимущественно зеленых мхов—Polytrichum'а и прочных остатков стеблей деревянистых кустарников.

б) *Горизонт подзолистый* совершенно бесструктурен, серого цвета, слабо мучнист, обыкновенно отличается значитель-

ной мощностью, до 50, даже 70 см, большей частью содержит много грубых механических элементов (песка, хряща и камней), иногда лёссовиден, и в таком случае не содержит валунов кристаллических пород, представляя элювий карбонатной морены. Очень постепенно по трещинам, ходам корней, животных и насекомых подзолистый горизонт внедряется в *горизонт материнской породы.*

Слабая выраженность дернового горизонта на элементах водораздела заслужила этим почвам название просто подзолов, и их свойства распространили далеко не всегда заслуженную славу бесплодных почв на весь тип дерново-подзолистых почв.

При развитии на водоразделе моховых болот, горизонт торфа представлен нетолстым слоем курчавого очеса, под которым залегает равномерная, почти без прослоек масса мохового торфа, равномерно пронизанная тонкими деревянистыми стеблями клюквы и корнями болотной сосны, пеньки которой, равно как и лежащие стволы, изредка попадаются во всей толще торфа, но никогда не бывают приурочены к сколько-нибудь ясно выраженному горизонту. Также равномерно рассеяны остатки осок и злаков. Цвет такого торфа светлобурый, и на всю глубину залежи он сохраняет свое волокнистое строение.

В самых нижних слоях вышеописанный сфагновый торф переходит в очень тонкий, всего в несколько миллиметров и до одного сантиметра, горизонт гипнового торфа с остатками тех же высших растений. Горизонт этот также сохраняет волокнистое строение, но окрашен уже в темнобурый цвет.

Под этим горизонтом залегает также очень тонкий горизонт, мощностью около 1 см, грубоволокнистого торфа, состоящего из остатков злаков и Polytrichum'а с значительной примесью остатков деревянистых кустарников. Этот горизонт обыкновенно окрашен в черный цвет, и органические остатки, его составляющие, подверглись уже значительному разложению. Изредка в этом горизонте попадаются пни, обыкновенно трухлявые и источенные муравьями. Над этими пнями, стоящими на ми-

неральной почве, горизонт черного торфа, их погребающий, сильно расширен и достигает часто мощности 10 см.

Дерновый горизонт минеральной почвы, подстилающей торф, не бывает развит в глубину больше, чем на таких же почвах, не покрытых еще болотом. Но он всегда прокрашен в гораздо более интенсивный, почти черный цвет и содержит значительно большее количество аморфного перегноя, вследствие чего он мажется в сыром состоянии и разрывается трещинами при высыхании.



*ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ*

# РАЗВИТИЕ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ РЕЧНЫХ ПОЙМ

## ПОРЯДОК ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПРОЦЕССА

Прежде чем перейти к изучению дернового процесса на элементах склонов и в долинах-суходолах внепойменной области, мы рассмотрим процесс почвообразования на элементах поймы рек лугово-лесной зоны.

В области поймы преобладающим образом представлен дерновый почвообразовательный процесс, и притом на некоторых элементах ее этот процесс достигает совершенной чистоты своего выражения, не прерываемый вмешательством подзолообразовательного процесса. При изучении процесса генезиса почв поймы мы получим ряд новых сведений, без которых изучение того же дернового процесса на элементах склонов внепойменной области встретило бы чрезвычайные затруднения. Кроме того, на некоторых элементах поймы весь цикл явлений, составляющих в своей совокупности дерновый почвообразовательный процесс, заканчивается в течение одного вегетационного периода и в следующем году этот процесс начинается с начала. Таким образом, на этих элементах поймы мы встретим самые молодые почвы страны, и изучение их должно быть предпослано изучению более старых элементов — области склонов.

Только при таком порядке размещения изучаемого материала может быть сохранен основной принцип изучения сложных

природных явлений и тел, уже получивший полное признание и доказавший свою плодотворность в других областях естественных наук — принцип сравнительного изучения в порядке естественной последовательности эволюции изучаемого процесса. При таком порядке мы изучаем и исследуем не природные тела, а эволюцию тех динамических процессов, которые приводят в разных стадиях своего проявления к развитию тех или иных свойств тел, принимающих участие в изучаемом процессе. Только этим путем мы можем приблизиться к установлению генетической связи между свойствами одного порядка, присущими различным природным телам, которые по существу являются лишь статическими моментами проявления одного общего динамического процесса воздействия элементов биосферы на однородные элементы литосферы.

* * *

## ОБЛАСТЬ ПОЙМЫ

При рассмотрении развития общих форм рельефа лесо-луговой зоны мы видели, что областью поймы вообще мы называем ту часть поверхности страны, которая подвержена периодическому влиянию алювиальных поверхностных вод.

Область поймы совпадает с областью долин реки в прямом смысле этого понятия и ограничивается в своей постепенно увеличивающейся вниз по течению реки ширине коренными берегами реки или областью надпойменной или надлуговой террасы ее.

Мы не станем вдаваться в древнюю историю развития долины реки, как принадлежащей к области динамической геологии, а ограничимся лишь рассмотрением процессов развития элементов современной поймы — области, заливаемой в настоящее время периодическими разливами реки.

### ТЕРРАСЫ

При пересечении долины реки поперек ее ширины мы, прежде всего, спускаемся с пологого склона, образованного шлейфом делювиальных сносов третьей трети склона надпойменной террасы или вообще внепойменных элементов страны. Этот пологий спуск часто носит сокращенное название *пологой террасы*, которое, ввиду его краткости, мы и будем употреблять в дальнейшем, противопоставляя это название названию противоположного коренного берега реки, который в тех случаях, когда русло реки непосредственно граничит с ним, часто подвергается размыву струей воды реки и поэтому часто бывает обрывистым, обнаженным от покрова растительности — крутым, и этот берег мы в дальнейшем будем называть *крутой террасой*.

Само собою разумеется, что в природе часто наблюдаются случаи, когда в некоторых частях своего течения река течет среди своих собственных отложений и когда оба ее так называемых *меженных берега*, т. е. берега, ограничивающие *русло реки в меженное время* (время среднего стояния уровня воды в реке), сложены аллювиальными наносами. В этих случаях крутая терраса коренного берега не выражена и заменяется второй пологой террасой. В этом случае обе области долины реки по правую и левую стороны ее течения сложены из однородных элементов, и обе области являются в общих чертах повторением тех же элементов, расположенных симметрично вокруг оси русла, причем эти симметричные элементы могут достигать весьма различных степеней выраженности.

Мы при дальнейшем изучении поймы и элементов ее рельефа всегда будем рассматривать тот более полный случай, когда река ограничена в своей долине пологой и крутой террасой своих коренных берегов.

Нужно также иметь в виду, что различные элементы поймы и даже целые ее области в природных условиях могут получать самые разнообразные степени выраженности и что под влиянием местных условий многие элементы поймы и даже целые области

ее могут быть почти совершенно подавлены в своем развитии, получить настолько слабое выражение, что становятся едва уловимыми даже для глаза опытного наблюдателя. Наоборот, другие элементы могут получить подавляющее выражение, настолько обширное, что также нужно большое внимание и опытность, чтобы на десятках или даже сотнях километров уловить расплывающиеся в таком широком масштабе признаки элементов поймы.

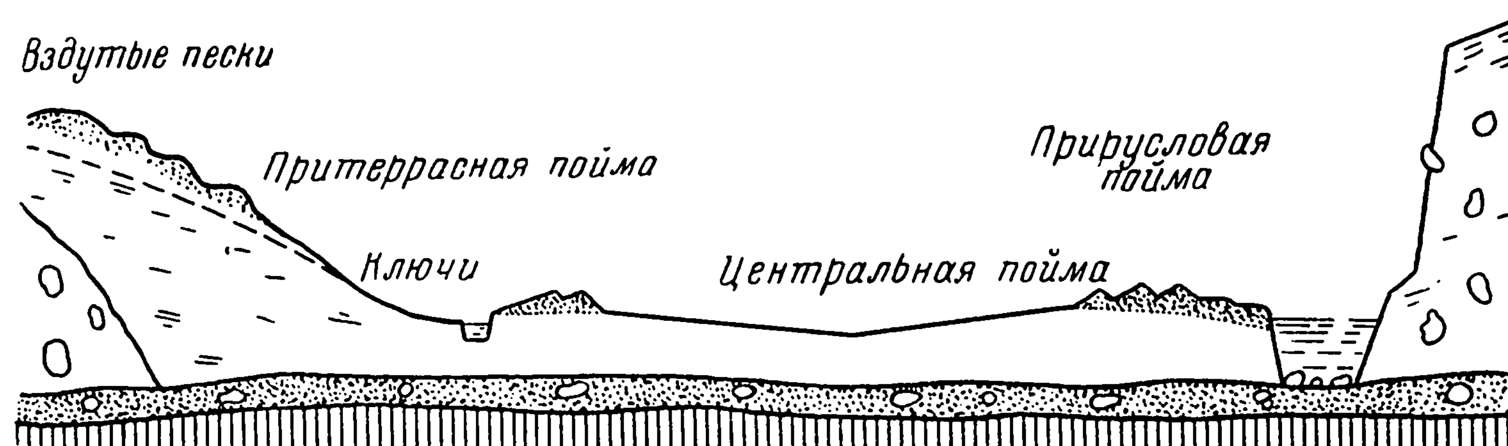



Рис. 2. Схема поперечного разреза участка зернистой поймы.

При изучении поймы мы возьмем, так сказать, идеальный случай проявления гармонического развития всех элементов ее, вводя в необходимых местах соответствующие поправки.

### ОБЛАСТИ ПОЙМЫ

Если, спустившись с пологой террасы, пересечь пойму реки в поперечном направлении, мы в идеальном случае наиболее полного выражения всех элементов ее найдем три резко отличные друг от друга области — это будут (см. рис. 2):

(1) область притеррасная, или *притеррасная пойма*,

(2) область собственно поймы, или *центральная пойма*,

(3) область прирусловой поймы, или *прирусловая пойма*, и, кроме того, мы отличаем:

(4) область *наибольшего скопления песков поймы* (см. рис. 4). Наконец, сюда же относится и

(5) область *притеррасных вздутых, или бугристых, песков*, перенесенных из области поймы реки в граничащие с ней элементы внепойменной области.

## ИЗЛУЧИНЫ РУСЛА, ИЛИ МЕАНДРЫ

Долина реки, заключенная между коренными берегами, извивается по области своего бассейна более или менее ясно выраженными изгибами. В пределах этой долины русло реки,

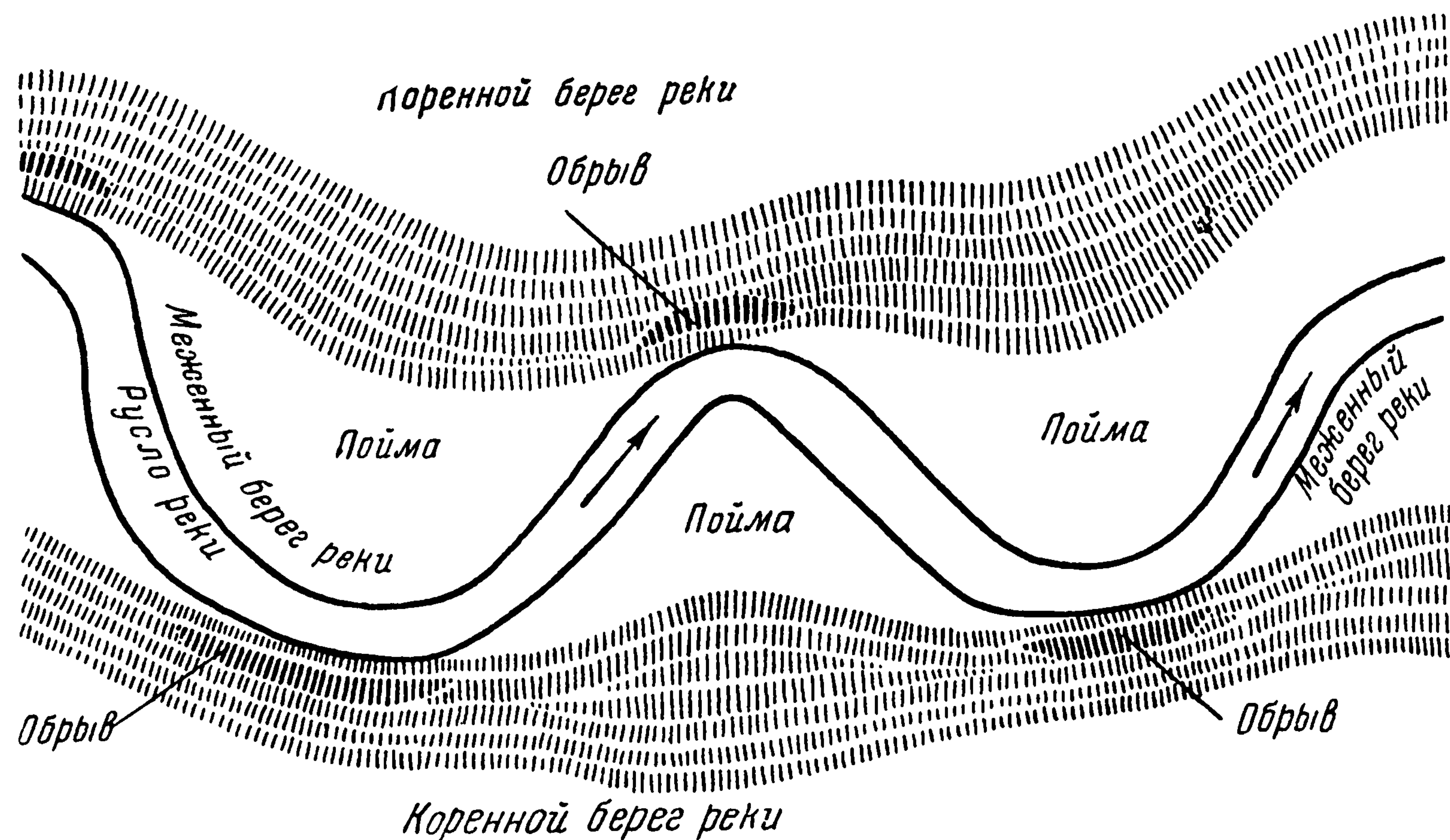



Рис. 3. Схема излучин реки по своей долине и особенности участков поймы.

заключенное в свои меженные берега, в свою очередь, извивается более или менее крутыми *излучинами*, или *меандрами*, приближаясь то к правому, то к левому коренному берегу долины и поочередно подмывая то один из них, то другой (см. рис. 3).

В случае очень развитых в ширину долин русло в своих изгибах бывает обыкновенно сосредоточено во всем своем протяжении ближе к одному какому-либо коренному берегу, то

приближаясь и подмывая его, то удаляясь от него. Очевидно, что в этом случае русло реки будет попеременно ограничиваться то коренным берегом долины реки, с одной стороны, и меженным берегом своего русла — с другой, то меженными берегами русла с обеих сторон.

## СТРОЕНИЕ ДОЛИНЫ РЕКИ

В поперечном разрезе крутая терраса больших рек обычно сложена из основной морены, перекрытой сверху делювиальными отложениями третьей трети склона внепойменных элементов рельефа, и обычно подстилается нижними валунными или безвалунными дилювиальными песками или поддонной мореной, залегающей, в свою очередь, на коренной породе. Противоположная пологая терраса обычно сложена мощными неразмытыми рекой делювиальными отложениями третьей трети склона и его делювиального шлейфа, под которым лишь на значительной глубине и в значительном отдалении от притеррасной поймы погребена та же основная морена, подостланная тою же поддонною мореною. Оба горизонта нижних дилювиальных песков правого и левого берегов непрерывно соединяются между собою горизонтом *нижних аллювиальных песков*, также валунных или безвалунных и также непосредственно залегающих на коренной породе области.

Эти две группы песков — дилювиальные и аллювиальные отличаются друг от друга одним только признаком — цветом. Первые (дилювиальные) всегда окрашены в красноватые или желтые цвета проникающими в них элементами основной морены, вторые (аллювиальные) всегда окрашены в серые, зеленоватые или синеватые цвета. По всем остальным признакам они совершенно тождественны и незаметно сливаются друг с другом в один общий горизонт, отделяющий верхние дилювиальные и аллювиальные отложения от нижележащей коренной породы, с которою они генетически не связаны. Мы увидим дальше, что

разница в цвете нижних аллювиальных песков находит себе объяснение в неизбежном существовании в них восстановительного процесса, под влиянием которого и приобретается этими песками их характерная окраска.

## НИЖНИЕ ВАЛУННЫЕ ПЕСКИ

Вследствие всего вышесказанного ко всему горизонту этих песков, которые лишь ограниченными участками бывают безвалунными, можно приурочить название *нижних валунных песков*. Они представляют поддонную морену, подстилающую основную морену, которая снесена в области поймы крупных рек — бывших подледниковых потоков.

На место снесенной из области поймы больших рек основной морены вся область поймы заполнена *аллювиальными отложениями современных рек*, залегающими более или менее мощным слоем поверх нижних валунных песков. Последние составляют также основу коренного дна реки и местами в ней занесены песком, илом и другим материалом, передвигаемым водами реки.

Более мелкие реки и речки могут отличаться от крупных водных артерий страны тем, что размыв области их долины еще не достиг горизонта нижних валунных песков и в этом случае аллювиальные отложения реки подстилаются основной мореной, которая вместе с тем представляет и основу дна реки. Пойма таких более молодых рек может часто резко отличаться от вполне развитой поймы не только своей шириной, но и неполнотою, с которой представлены в ней отдельные ее области. Часто пойма таких речек представлена только одной какой-нибудь областью, иногда в начальных стадиях своего развития.

Притеррасная область даже больших рек бывает неясно развита в части своей, непосредственно прилегающей к третьей трети склона, в зависимости от степени развития современных делювиальных сносов. Развитие последних обусловлено, главным образом, степенью распаханности вышележащих склонов

внепойменных элементов рельефа. В этой области легко встретить самые причудливые сочетания делювиальных, аллювиальных и эоловых отложений.

Как все сказанное в предыдущем, так и все дальнейшее изложение почвообразовательного процесса в пойме касается равнинных рек, весь бассейн которых расположен в стране, сплошь занятой покровом биологических элементов. Но так как процессы отложения аллювия лишь немногим отличаются в различных почвенно-климатических зонах, то нам придется иногда обращаться и к рекам, верхние части бассейна которых располагаются в областях, совершенно свободных от биологических элементов,— к рекам горным, берущим начало в ледниковых областях высоких гор.

### УЧАСТКИ ПОЙМЫ

Чтобы ясно представить себе характер аллювиальных отложений рек, нужно прежде всего запомнить, что реки, в особенности равнинные, на всем протяжении своего течения извиваются излучинами русла по своей долине, которая также извивается среди элементов рельефа внепойменной области. Вследствие этого вся область поймы реки разбита на более или менее удлиненные участки, ограниченные кривыми линиями. Эти участки расположены попеременно то по правому, то по левому берегу реки. Если же река местами течет между своими меженными берегами, то участки поймы тянутся длинными извилистыми, поочередно и попеременно то суживающимися, то расширяющимися полосами одновременно по обоим берегам реки. В первом случае участки поймы имеют коренной берег долины то справа, то слева. В обратном порядке чередуется положениями в каждом следующем участке поймы, ограничивающий его с противоположной стороны меженный берег реки.

Каждый участок поймы представляет повторение всякого предыдущего и всякого следующего участка с попеременно симметричным расположением одноименных элементов. Отдельные

участки поймы отличаются друг от друга лишь количественным выражением различных элементов. Поэтому можно составить себе ясное представление о всей пойме, изучив в де-

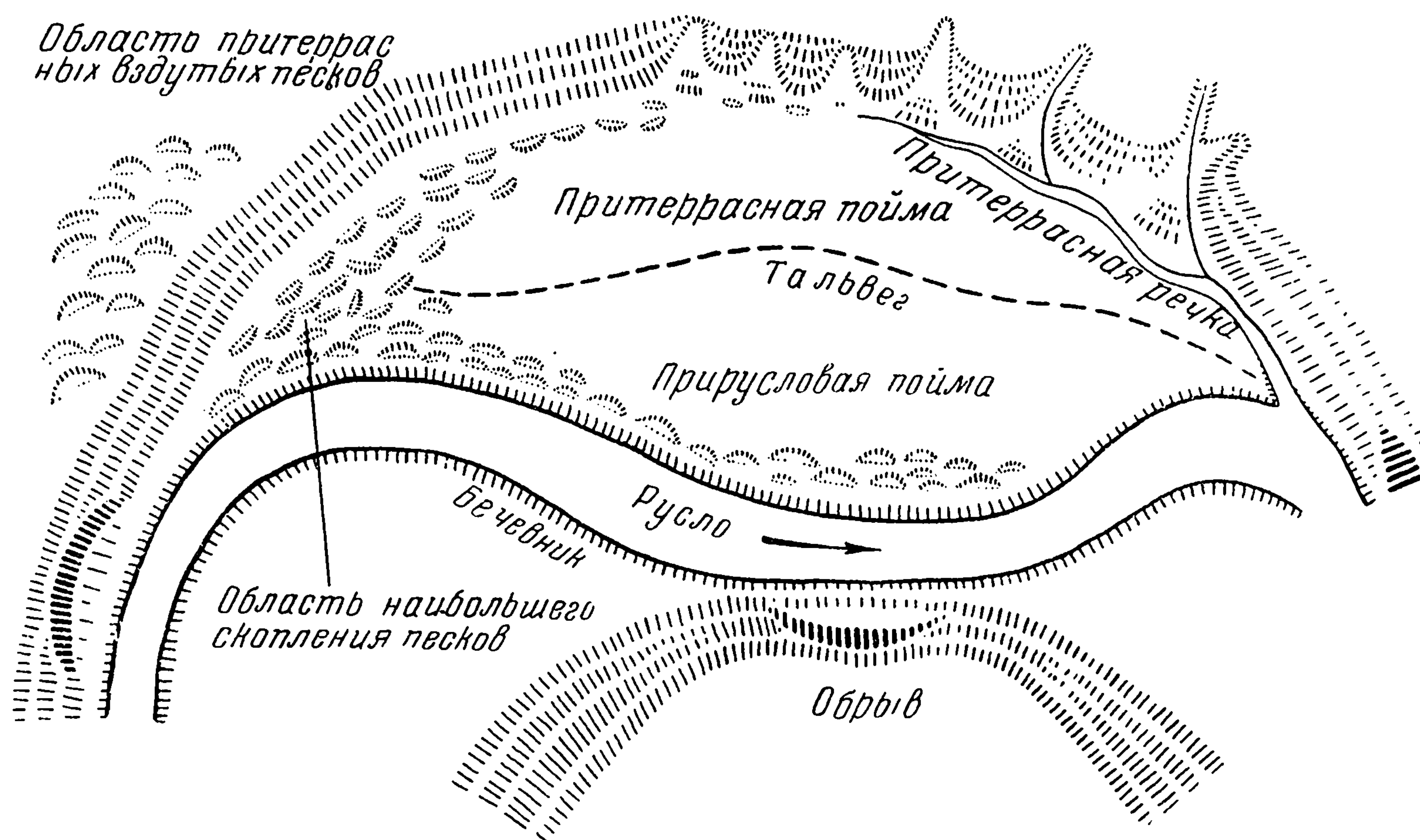



Рис. 4. Схема участка зернистой поймы и ее элементов.

талях происхождение всех форм рельефа одного типического участка поймы, на котором все элементы поймы получили полное и гармоническое развитие (см. рис. 4).

## СВОЙСТВО АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ

Основным и наиболее важным свойством всякой реки с точки зрения образования элементов рельефа ее поймы являются неизбежные и часто резкие колебания количества воды, притекающей в реку из ее бассейна. Этим изменением притока воды вызываются колебания уровня реки и изменение живого сечения потока воды в реке.

Все аллювиальные отложения и весь материал эоловых отложений в области поймы обязаны своим происхождением изменениям уровня воды в реке во время ее весеннего половодия.

## МАТЕРИАЛ, ПОСТУПАЮЩИЙ В РЕКУ ВО ВРЕМЯ ПОЛОВОДИЯ

Во время весеннего таяния снега делювиальные потоки достигают максимума своего развития и их размывающее действие на поверхность внепойменных элементов рельефа бассейна реки достигает своего апогея. В это же время происходят обвалы и оползни подмываемых рекой частей крутых террас, поверхность которых была разрыхлена предшествовавшим летним высыханием и зимними морозами. Под влиянием этих процессов в русло реки начинает поступать вместе с все возрастающей массой воды и большое количество минерального и органического материала. Минеральный материал поступает в русло реки частью после сортировки его делювиальными потоками. Но часть материала, поступающая из обрывов крутых террас и из усиленно размываемых в это время оврагов, проникающих в своих верховьях лишь до горизонта основной морены, совсем не отличается сортированностью. Также не отличается сортированностью и органическое вещество, сносимое весной из бассейна реки в русло.

## ХОД РАЗЛИВА РЕКИ

По мере прибывания воды в реке сначала происходит повышение ее уровня, в пределах меженных берегов русла. Это повышение уровня воды в русле, очевидно, неразрывно связано с возрастанием скорости течения в том же русле. Вследствие этого твердый материал, попадающий в быстрое течение воды, не находит условий для детальной сортировки и весь уносится вперед по течению. При этом крупные элементы — валуны, камни и хрящ передвигаются, перекатываясь по дну реки,

более же мелкий материал — песок, пыль и глина, равно как и органическое вещество несутся по течению во взмученном состоянии, крупные же органические остатки плывут по поверхности быстрого тока воды.

По мере того, как прогрессирует таяние снега, количество воды, поступающей в русло реки в равные промежутки времени,

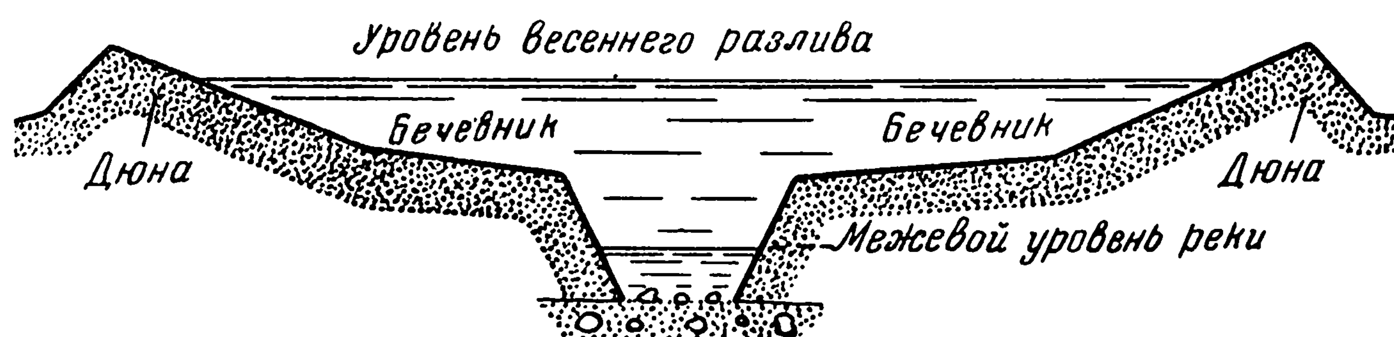



Рис. 5. Схема поперечного разреза русла реки при образовании зернистой поймы.

также растет. Наступает такой момент, когда сечение русла реки в пределах меженных его берегов не может провести всего количества поступающей воды, несмотря на увеличивающуюся скорость течения в русле, вместе с поднятием ее уровня. Вода реки выливается из пределов меженных берегов и сечение нового русла реки расширяется, постепенно захватывая всю область бечевников вплоть до прирусловых дюн, или так называемых *дюнных заграждений реки* (см. рис. 5).

При таком резком уширении поперечного сечения русла реки, быстрота течения воды в реке должна также резко измениться, причем это изменение быстроты течения не распространится равномерно по всему сечению нового русла.

## СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ ПО РУСЛУ РЕКИ В ПОЛОВОДИЕ

Быстрота течения воды в области меженного, русла сохранит свою большую скорость вследствие того, что вода здесь будет двигаться под большим гидростатическим давлением, и вследствие того, что первоначальное направление струи будет поддерживаться влиянием затопленных меженных берегов.

Образуется так называемое *стремя реки*, отвечающее наиболее глубокой области русла реки — ее *фарватеру*.

Но быстрота течения воды в области более мелкого русла, расположенного над областью бечевников и пологих склонов дюнных заграждений, будет значительно меньше быстроты те-

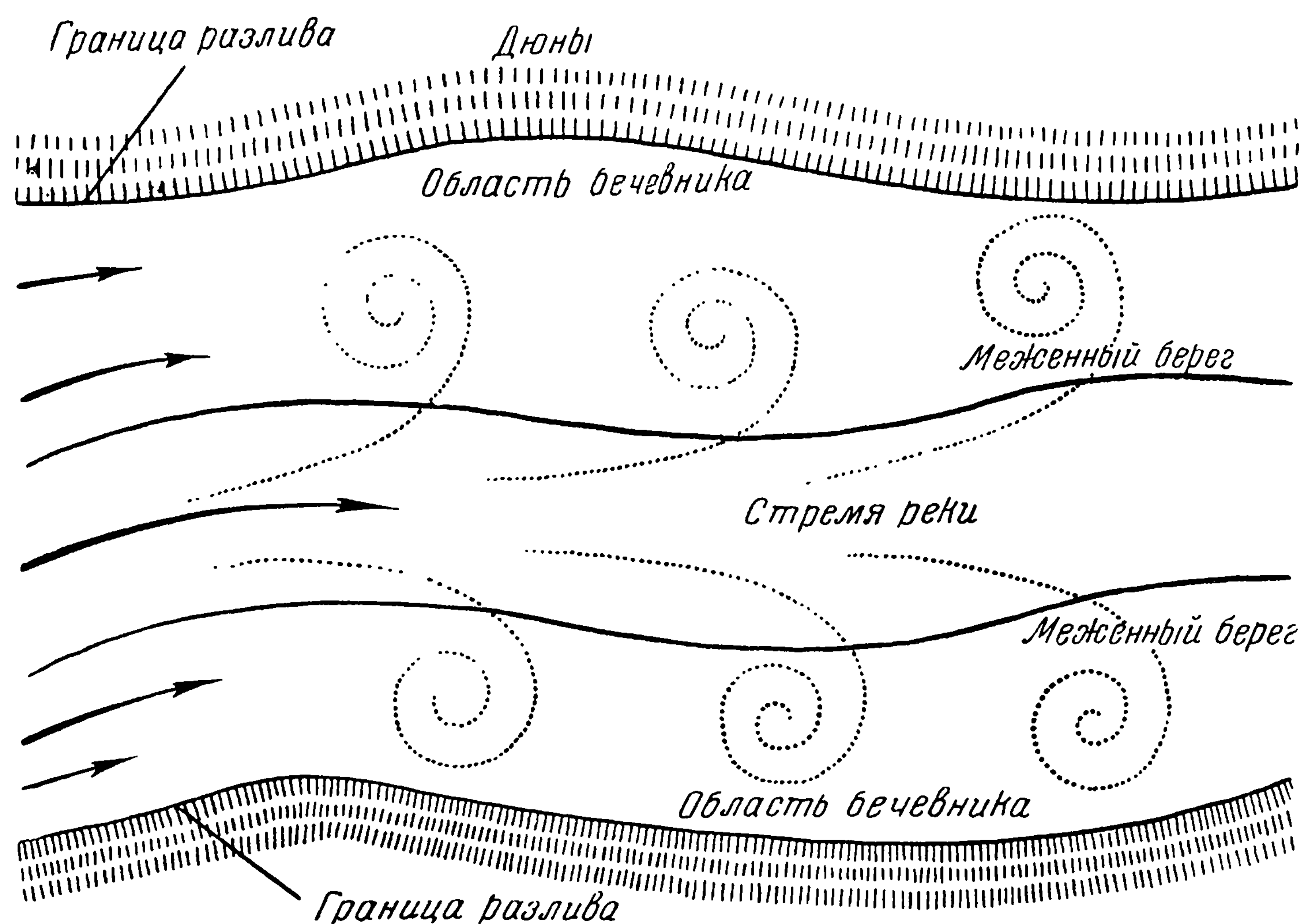



Рис. 6. Схема изменения скоростей течения реки во время се разлива и образования вихревых токов.

чения стремени реки как вследствие меньшего гидростатического давления, под которым движется вода в этой части русла, так и вследствие значительного увеличения сопротивления движению, которое будет претерпевать струя в этой области под влиянием трения и сопротивления движению, создаваемого близостью берегов и мелкого дна, часто поросших ивняком. Ясно, что вследствие разницы быстрот движения в стремени реки и в прибрежных частях русла вода из средней, более глубокой части русла будет стремиться в области прибрежные, менее глубокие и с менее быстрым течением. Образуется

бесчисленное количество вихревых струй, ясно видных в форме мелких водоворотов, направляющихся из области стремени реки в область бечевников (см. рис. 6 и 7).

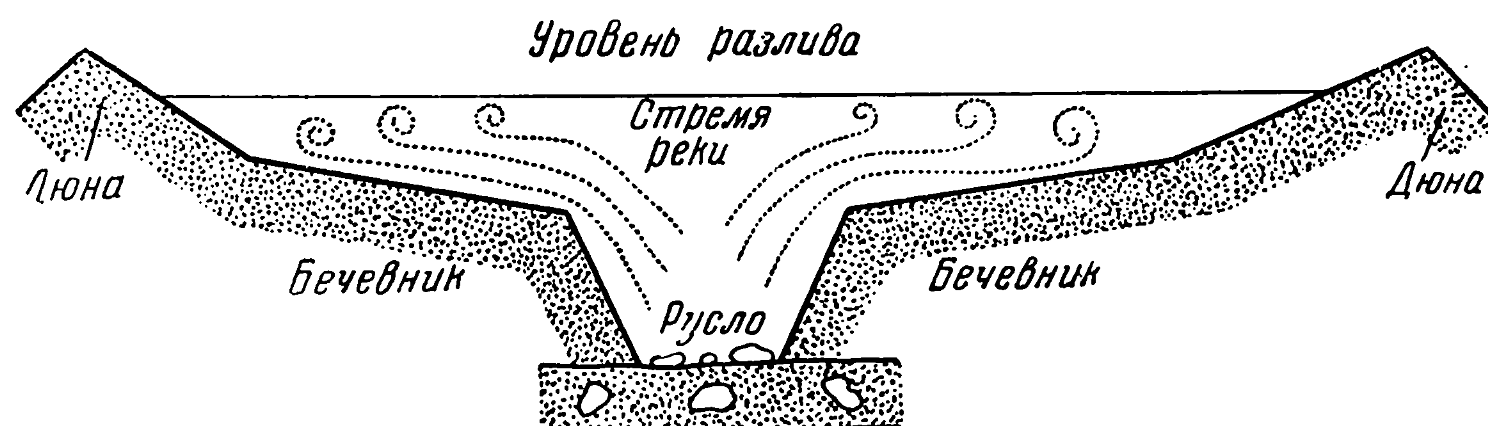



Рис. 7. Схема направления вихревых токов воды из меженного русла реки во время ее разлива.

### ОТЛОЖЕНИЕ ПЕСКА НА БЕЧЕВНИКАХ

Ясно, что вследствие замедления быстроты течения воды в области бечевников из воды должно оседать на дно, т. е. на поверхность бечевников, большое количество взмученного материала, который до того несся в быстрой струе стремени реки и вихревыми струями заносился в область бечевников.

Оседание материала, взмученного в воде разлива, должно совершаться в порядке постепенности уменьшения его крупности. Сначала у самых меженных берегов будут оседать крупные песчаные элементы, и чем далее будет расширяться область разлива, тем все более мелкие механические элементы будут осаждаться из постепенно ослабевающей струи. Также ясно, что вихревые токи воды, беспрерывно стремящиеся во всех направлениях из области наибольшей скорости воды в русле реки в область *тихой воды*, движущейся по бечевникам с постепенно замедляющейся скоростью по мере приближения к берегам, будут беспрерывно приносить все новые количества взмученного материала из области русла и оставлять его на поверхности затопленных бечевников.

К разобранному явлению отложения во время разлива массы песчаных элементов на поверхности бечевников присоединяется еще другое подобное же явление. Такой же материал отлагается вследствие удлинения пути той части струи воды, которой при всяком повороте реки приходится огибать большую дугу. Поэтому на участках бечевника, совпадающих со всяким ее поборотом, со стороны большой дуги поворота всегда наволакиваются разливом реки огромные массы песка.

Наконец, при впадении всякого притока в реку происходит неизбежный подпор ее струи, особенно в весеннее половодие. Неизбежным следствием подпора воды реки водой ее притока является замедление быстроты течения воды реки выше подпора и расширение русла разлива во время весеннего половодия, что также влечет за собой неизбежное увеличение массы песка, отлагаемого весной в области бечевников. Лучшей иллюстрацией только что сказанного являются колоссальные скопления песков при впадении в Волгу Оки, Камы и Суры.

Под влиянием всех разобранных причин, после ежегодного спада воды разлива на поверхности всей области бечевников отлагается масса песка, причем эта масса оказывается сконцентрированной в особенно больших количествах в верхних по течению реки областях всякого участка поймы после всякого поворота реки.

Отложенные массы песка быстро высыхают с поверхности и тотчас после спада воды начинают развеваться ветрами поймы

## ВЕТРЫ ПОЙМЫ

Ветры поймы обладают некоторыми особенностями. Прежде всего в пойме даже самых незначительных рек всегда существуют два переменных *бриза*, дующих с регулярной правильностью: днем в направлении от области реки в область поймы и с заходом солнца в обратном направлении, из области поймы на реку. Движение этих двух местных ветров усложняется

отражением их обоих или одного из них, от откосов речных террас или коренных берегов. Получаются *отраженные бризы*. Наконец, обе эти группы ветров поймы могут быть или усилены или ослаблены господствующими ветрами всей области и отражением этих господствующих ветров от коренных берегов реки.

В результате всей сложной комбинации условий движения воздушных течений и их взаимной интерференции в области поймы ясно вырисовываются две группы ветров —

первая: упомянутые уже бризы и

вторая: получающаяся в результате сложения всех отраженных и господствующих ветров и выражающаяся в одном общем токе ветра, дующем вдоль долины реки и изменяющемся в своей силе в зависимости от времени дня и ночи. Направление господствующего ветра поймы также изменяется в зависимости от отношения общего направления долины реки к направлению господствующего ветра и от направления данной излучины реки, а также и от времени дня и ночи. Этот главный ветер речной долины не прекращается ни днем, ни ночью и направляется, в зависимости от названных причин, или по течению реки или против него.

## ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ПЕСКА ВЕТРАМИ ПОЙМЫ

Под влиянием этих двух групп ветров высохший с поверхности песок, отложенный разливом реки в области бечевника, начинает разноситься по области поймы. В этом явлении разнесения песка ветром ясно различаются два процесса — разнесение песка из области бечевника бризами и разнесение ветром, дующим вдоль долины реки, песка из области наибольшего скопления песков в верхней части всякого участка поймы после поворота русла реки, или из области скопления песков перед устьем притока на так называемой *стрелке*.

Хотя бризы и являются ветрами, дующими попеременно в противоположных направлениях, однако условия возмож-

ности воздействия денного и ночного бриза на отложенный на бечевнике песок неодинаковы.

Песок обладает способностью проводить воду путем волосной передачи на незначительную высоту, но зато скорость волосного передвижения воды в его промежутках значительна. Песок в области бечевника залегает в условиях очень близкого от его поверхности уровня грунтовой воды. Особенно весной, вскоре после спада воды, горизонт грунтовой воды, регулируемый здесь высотой уровня воды в реке, также достигает своего высшего уровня стояния. Поэтому песок бечевника очень быстро может пополнять из грунтовой воды потери ее, происшедшие путем испарения из верхних слоев песка.

Вследствие сказанного, днем, при интенсивном нагревании солнцем, может высохнуть лишь самый поверхностный слой песка ничтожной толщины. И только этот слой и может передвигаться ветром путем перекатывания отдельных песчинок. Встречая какое бы то ни было препятствие, чаще всего кусты травянистой растительности или кусты ивы или оставшиеся после разлива, прибитые ветром к берегу более крупные органические остатки, нанесенные половодием, песчинки сгруживаются в холмики, которые постепенно растут, благодаря нанесению новых песчинок с вновь успевшего высохнуть поверхностного слоя песка.

## ПРИРУСЛОВЫЕ ДЮНЫ

Но как только зайдет солнце, и испарение с поверхности песка ослабеет хотя бы и на весьма незначительную величину, так тотчас, благодаря быстроте волосной подачи воды в песке, верхний слой его увлажняется и всякое разнесение песка ветром прекращается. Если мы припомним, что ночной бриз всегда направляется от области поймы к руслу реки, то станет понятным, что обратное передвижение песка из области бечевника в русло реки неосуществимо и что возможно лишь одно

направление для развевания песка из области бечевника в область центральной поймы. Ясно, что при таких условиях вся масса песка, передвигаемого изо дня в день в одном и том же направлении и встречающая на своем пути препятствия, о которых упоминалось выше, будет сгружена в бугристые всхолмления — *прирусловые дюны*. Узкой или широкой каймой в один или несколько рядов они тянутся по обоим берегам реки параллельно ее бечевникам, образуя песчаную холмистую повышенную область *дюнных заграждений реки* или *область прирусловых дюн*.

Кроме движения по направлению от русла реки, совершающегося под влиянием дневного бриза, пески бечевников, а равно и всей области прирусловых дюн передвигаются и в другом направлении, перпендикулярном к первому, под влиянием постоянного ветра поймы, дующего вдоль долины реки. Это движение в области бечевника совершается так же, как и предыдущее, только днем. Но в области дюнных всхолмлений, где последние получают уже значительное развитие в вышину и где, следовательно, волосная передача воды к поверхности песка может испытывать затруднение, возможно передвижение песка и после захода солнца в продолжение ночи. Направление этого движения может быть или по направлению течения реки или против него, и очевидно, что от этого направления будет зависеть бо́льшая или меньшая степень развития дюнных заграждений реки в длину́ на различных участках берега.

Следует помнить, что в верхней по течению реки части каждого участка поймы отлагается значительная масса песка со стороны большой дуги поворота реки. Очевидно, что, если главный ветер поймы будет направлен по течению реки, песок этой области будет постепенно передвигаться вниз по течению реки и особенно в области прирусловых дюн, где скудная растительность будет представлять меньше препятствий для движения песка. В этом случае область дюнных заграждений реки получит свое наиболее яркое выражение. Развитие дюн, пред-

ставленных в этом случае в верхних частях участка поймы несколькими параллельными рядами, будет постепенно становиться все менее выраженным вплоть до самого нижнего по течению реки конца участка поймы.

## ОБЛАСТЬ НАИБОЛЬШЕГО СКОПЛЕНИЯ ПЕСКОВ

В случае направления главного ветра поймы против течения реки, все дюнные заграждения реки на всем протяжении участка поймы будут выражены в значительно более слабой степени. Зато область скопления песков в верхнем конце участка поймы получит очень яркое выражение.

Обыкновенно область прирусловых дюн получает заметно большее выражение в местах, противоположных обрывам террасы противоположного берега, особенно, если эти обрывы находятся в деятельном «живом» состоянии, а не поросли растительным покровом. Осыпание и оползни этих живых обрывов, заполняя частично русло, суживают его сечение и заставляют реку шире, чем под влиянием одной близости незаливаемой террасы, разливаться в сторону противоположного берега, и образующаяся усиленная разница скоростей воды при расширении русла во время половодия влечет за собою усиление процесса отложения песка в бечевнике, противоположном обрыву.

## ПРИТЕРРАСНЫЕ ДЮНЫ

Главный ветер поймы, действуя одновременно с отраженным от террасы денным бризом на область скопления песков в верхней по течению реки части участка поймы, вызывает образование еще двух элементов поймы — *области притеррасных дюн и области притеррасных вздутых песков.*

Совершенно ясно, что если главный ветер поймы будет направляться по течению реки, то он должен разносить пески, отложенные в верхней части участка поймы, преимущественно

в область поймы, лежащую параллельно террасе реки. Но так как ветер будет отражаться от самой террасы, то в непосредственной к ней близости, в так называемой *котловине выдувания* эти пески отлагаться не могут и поэтому они будут отлагаться в бугристые дюнные всхолмления, расположенные параллельно террасе и на некотором от нее расстоянии. Совершенно так же будут влиять на рассматриваемую область отложения песков и прямой и отраженный от террасы денные бризы. В результате обособится область *притеррасных дюнных всхолмлений*, всегда ярко выраженная несколькими рядами дюн в верхней части участка и постепенно сходящая на нет по направлению к нижнему по течению реки концу того же участка.

## ЦЕНТРАЛЬНАЯ ДЮНА

Так как прямой и отраженный денные бризы все время действуют, разнося пески области наибольшего их скопления по направлению вниз по течению реки, а главный ветер поймы может действовать или в одноименном или в противоположном направлении, то в первом случае область наибольшего скопления песков получает значительное развитие по направлению течения реки и может доходить до самого нижнего конца участка поймы в виде гряды, вытянутой по длине области центральной поймы, параллельно течению реки в виде так называемой *центральной дюны*. В этих случаях область центральной поймы имеет два тальвега, нередко разветвляющихся в своих верхних концах.

Во втором случае область наибольшего скопления песков не получит яркого выражения в длину, и область эта будет ограничена лишь верхними частями участка поймы.

## БУГРИСТЫЕ ПЕСКИ ПОЙМЫ

Зато в последнем случае получит очень значительную степень выраженности область отложения песков в верхней части

участка поймы. Под влиянием главного ветра поймы и прямого и отраженного денных бризов, дующих в разных направлениях и с различной силой, в этой области развиваются нагроможденные в хаотическом беспорядке бугры песков. Замкнутые котловины между ними нередко образуют полулунные и вытянутые в длину озера, обыкновенно называемые «*старицами*», или «долгими», или «косыми» озерами.

Это — *область бугристых песков поймы, или область наибольшего скопления песков*, которая иногда может получить чрезвычайное развитие.

### ПРИТЕРРАСНЫЕ ВЗДУТЫЕ ПЕСКИ

Под влиянием тех же ветров пески этой области поймы постепенным перекатыванием песчинок вздуваются и по пологому подъему коренного берега, граничащего с названной областью, и образуют здесь часто не менее ярко выраженную *область бугристых притеррасных вздутых песков*, лежащую уже вне области поймы.

Вышеперечисленные песчаные отложения поймы делят всю область каждого участка поймы еще на две области. Первая лежит между двумя вытянутыми вдоль участка поймы областями прирусловых и притеррасных дюн — *область центральной поймы*. Вторая область лежит полосою между пологим спуском коренного берега долины реки — террасой и областью притеррасных дюн, носящей вследствие того, что она ограничена сравнительно высокими элементами рельефа, название *области притеррасной котловины*, или *притеррасной поймы*.

### ОБЛАСТЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПОЙМЫ

Область центральной поймы в своих периферических частях, граничащих с песчаными областями притеррасных и прирусловых дюн и с областью наибольшего скопления песков поймы, в сухое время года и особенно весной подвергается беспре-

рывному процессу навевания песка, срываемого с вершин дюнных всхолмлений как денным, так и ночным бризами, так как грунтовые воды в области гребней дюн лежат очень глубоко, и волосной ток уже не успевает своевременно увлажнить поверхности песка. Этот процесс настолько ясно выражен, что про него даже говорят, что дюны или пески *«курятся»*.

Под влиянием этого процесса развевания песка поверхность центральной области поймы ясно повышается как по направлению к области притеррасных, так и к области прирусловых дюн. Таким образом, по средней области центральной поймы проходит более или менее извилистая линия наиболее пониженной части ее, называемой *тальвегом поймы* и делящей всю область центральной поймы на две части — *притеррасную часть центральной поймы и прирусловую часть центральной поймы.* В случае развития центральной дюны и тальвег поймы делится надвое, и каждая ветвь его приобретает совершенно обособленную территорию.

Кроме того, явление навевания песка из области наибольшего скопления песка обусловливает и повышение уровня центральной поймы вблизи области песков, вследствие чего величина общего уклона тальвега поймы по направлению течения реки бывает всегда большей, чем общий уклон русла и долины реки в соответствующей данному участку части поймы.

Область центральной поймы *равнинных* рек может быть покрыта двоякого рода почвенными образованиями. Мы отличаем *зернистые почвы центральной поймы*, или *зернистую пойму*, *и слоистые почвы центральной поймы*, или *слоистую пойму.* Эти два основных типа почвенных образований центральной области поймы равнинных рек строго отвечают и механическому их составу.

*ГЛАВА СЕМНАДЦАТАЯ*

# ЗЕРНИСТАЯ ПОЙМА

## ДВА ТИПА ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПОЙМЫ

Зернистые почвы центральной области поймы всегда отличаются значительным содержанием иловатых частиц (<0,001 мм), количество которых доходит в них до максимума своего содержания в почвах вообще, достигая 35—40%, в исключительных случаях даже 50%. При этом высокое содержание глины в зернистых почвах поймы *всегда сопровождается и высоким содержанием органического вещества*, независимо от того, с какой глубины взят образец почвы. В то же время в делювиальных глинах, также очень богатых иловатыми частицами, количество органического вещества обыкновенно быстро убывает в нижних горизонтах. Кроме того, в зернистых почвах поймы преобладающее количество органического вещества представлено *бесструктурным аморфным перегноем*, тогда как в делювиальных глинах главная масса его состоит из *органических остатков*. В связи с значительным содержанием аморфного перегноя зернистые почвы поймы отличаются чрезвычайной *прочностью* своей комковатой структуры. Комки этих почв совсем не расплываются ни в стоячей, ни в текущей воде и даже выдерживают, не разрушаясь, кипячение с водой в течение очень продолжительного времени (до 50—100 часов). Этим свойством в столь ярко выраженной степени не обладают делю-

виальные глины, в которых зернистая комковатая структура бывает иногда выражена также довольно совершенно.

В отличие от почв описанного типа, почвы слоистых отложений центральной области поймы равнинных рек всегда бывают мелкопесчаными или пылеватыми. Подавляющее количество механических элементов в них бывает или мелкий песок (0,5—0,25 мм), или, чаще, песчаная пыль (0,25—0,05 мм), или оба элемента вместе.

Так как песчаная пыль по своим свойствам мало отличается от мелкого песка, то эти почвы всегда производят впечатление почв песчаных.

Эти особенности механического состава аллювиальных отложений центральной поймы всегда без исключения приурочены к определенным свойствам сложения этих образований, о которых мы говорили в предыдущей главе. Для аллювиальных отложений *равнинных* рек, весь бассейн которых лежит в области, занятой биологическими элементами, название *зернистая почва поймы*, или *зернистая пойма*, является всегда синонимом названия *глинистая почва поймы*, или *глинистая пойма*.

Только в долинах рек, берущих свое начало в ледниках, мы встречаем новый тип почв центральной области поймы — *слоистые глинистые почвы поймы*, которые одновременно всегда бывают лишены зернистого строения, и для них выражения *глинистая бесструктурная пойма* и глинистая *слоистая пойма* также являются синонимами.

Совершенно так же для почв центральной поймы равнинных рек являются синонимами выражения *песчаная почва поймы*, или *песчаная пойма*, *и слоистая почва поймы*, или *слоистая пойма*.

Кроме указанного уже преобладания в почвах слоистой поймы мелкого песка и песчаной пыли (количество которых вместе взятых достигает часто 80%), эти почвы отличаются также ничтожным содержанием глинистых элементов, причем

эти последние состоят преимущественно из гидрата кремневой кислоты, гидрата окиси железа и аморфного перегноя, количество же окиси алюминия представлено чаще всего в виде едва уловимых следов. Количество органических веществ в этих почвах достигает иногда довольно высокого содержания и так же, как и в почвах предыдущего типа, это количество не убывает заметно в нижних горизонтах почвы. *Но, в отличие от почв зернистой поймы, органическое вещество почв слоистой поймы представлено преобладающим образом органическими остатками.*

## ЗЕРНИСТАЯ ПОЙМА

Почвы вышеописанных двух типов всегда приурочены к совершенно определенным условиям, в которых лежит *бассейн реки* и которые определяют собою характер весеннего разлива реки.

Если бассейн реки или часть его лежит в области, которая еще в значительной мере сохранила свой лесной покров, то умеряющее влияние леса на весеннее таяние снега и на большее количество воды, проникающей в почву, сказывается и на более медленном темпе развития весеннего половодия и на большей его продолжительности. В этом случае мы всегда встречаем преобладающее развитие зернистой поймы.

В том же случае, когда бассейн реки или часть его лежит в области, лишенной леса и покрытой преимущественно пашней, лугами или степью, таяние снега не умеряется пологом отсутствующего леса и поэтому весенний разлив протекает бурно и быстро. Здесь мы неукоснительно встречаем слоистую пойму.

Область центральной зернистой поймы представляет чрезвычайно большой интерес, как наиболее чистый встречающийся в природе образец исключительного воздействия на материнскую породу дернового почвообразовательного процесса, поэтому мы на ней подробно и остановимся.

## ВОДА ВЕСЕННЕГО РАЗЛИВА

Чтобы дать себе ясный отчет в развитии свойств ежегодно отлагающейся материнской породы зернистой поймы, мы должны отчетливо представить себе условия ее отложения. Интересующая нас здесь *тяжелая зернистая пойменная глина отлагается из воды весеннего разлива равнинных рек, бассейн которых еще в значительной мере сохранил свой лесной покров.*

Вода весеннего разлива рек отличается настолько большой загрязненностью, что становится совершенно негодной не только для питья и приготовления пищи, но и для большинства случаев хозяйственного употребления вследствие ее способности чрезвычайно быстро «загнивать» и вследствие значительного содержания взмученных веществ. Если при исследовании такой воды отделить взмученные в ней вещества, приняв меры к недопущению процессов брожения во время операции отделения, и произвести отдельно анализ собственно воды и взмученных в ней веществ, то мы найдем, что речная вода в период весеннего разлива является более чистой и менее загрязненной *растворенными в ней веществами*, чем в какое-либо другое время. Обычные соли, растворенные в ней в меженное время, содержатся в воде половодия в исчезающе малых количествах. В более или менее заметных количествах в ней содержатся в виде очень жидкого раствора углеаммиачная соль, азотноаммиачная соль и так называемая искусственная гуминовоаммиачная соль («Искусственная» гуминово-аммиачная соль— это аммиачная соль той кислоты, которая получается при всех процессах окисления или гидролиза органических веществ и которую *только на основании ее черного цвета* многие исследователи отождествляли с природной «естественной» гуминовой кислотой, другие же исследователи часто характеризуют ее как «пригорелые вещества». Существенное различе этих двух веществ заключается в том, что «искусственная» гуминовая кислота не содержит азота, входящего в ее состав, в каче-

ство конституционной части, тогда как «естественная» гуминовая кислота представляет азотсодержащее тело).

Три названные соли представляют характерные составные элементы всех атмосферных осадков — дождя, снега, росы, инея, града. Две первые соли образуются вследствие окисления атмосферного азота при так называемых тихих разрядах атмосферного электричества. Гуминово-аммиачная соль всегда присутствует в атмосфере вследствие летучести как ее, так и «искусственной» гуминовой кислоты, выделяющейся всегда в больших количествах при сгорании топлива, при лесных пожарах, при горении торфяных болот, и составляющей, между прочим, одну из главных составных частей дыма и, особенно, сажи. Нахождение этих солей в воде разлива рек понятно вследствие происхождения этих вод из делювиальных потоков талой снеговой воды.

Как уже было упомянуто, эти три соли находятся лишь в относительно большем количестве по сравнению с другими, обычными для речной воды солями, но их абсолютное количественное содержание в воде разлива ничтожно, так что для их определения приходится выпаривать очень значительное количество профильтрованной через бактериальный фильтр воды.

Таким образом, отрицательные качества воды половодия не зависят от растворенных в ней веществ.

## ВЗМУЧЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА ПОЛОЙ ВОДЫ

Но если мы обратимся к взмученным в воде веществам, то в них мы найдем причину отрицательных качеств речной воды во время половодия. Все эти взмученные вещества происходят в значительной мере с поверхности всего бассейна реки и сносятся с нее делювиальными потоками снеговой воды. При этом потоки воды, омывающие поверхность бассейна, сортируют на своем пути сносимый материал по его крупности, но одновременно обращают в равномерную смесь и мельчайшие

минеральные элементы и остатки мертвого органического вещества, покрывающего поверхность почвы после предшествовавшего вегетационного периода. Это органическое вещество начало разлагаться осенью предшествовавшего года, и растворимые продукты этого разложения были вымыты из него осенними дождями и проникли в почву. В продолжение всей зимы разрыхленное осенним разложением органическое вещество сохранялось при температуре, исключающей возможность дальнейшего его разложения.

Кроме этих органических остатков вешние воды уносят с собою в реки и все количество экскрементов, которые отлагались в течение всей зимы на всей поверхности бассейна реки его населением как людским, так и животным и пернатым и сохранялись от разложения зимними морозами. Эти вещества представляют массу органического происхождения, находившуюся в момент ее отложения на поверхность снега в состоянии усиленного разложения. Экскременты содержат богатейшую бактериальную флору при одновременном высоком содержании азотистых веществ — как продуктов распада белков, так и продуктов обмена веществ и отбросов животных организмов.

Сюда же присоединяется и большое количество трупов всевозможных животных, погибших в течение зимнего периода.

Разложение всего этого органического вещества было остановлено зимней температурой и не может начаться и в ледяной воде половодия.

При самом впадении в долину реки делювиальные потоки, несущие массу мелко раздробленного и коллоидального органического вещества и отмученных минеральных веществ, приобретают уже настолько значительное развитие, что подвергают берега реки сильному размыву, проникающему не только в почву, но и глубоко в материнскую породу. Вследствие значительного количества воды и ее значительной скорости, из размываемых весенней водой оврагов выносится вся несортированная масса основной морены вплоть до крупных галек и

камней, поверхностные же делювиальные глины сносятся целиком. К этой массе минеральных веществ присоединяется и то, которое падает непосредственно в воду реки из подмываемых рекой крутых обрывов террас, которые разрыхлены с поверхности предшествовавшим летним глубоким высыханием и зимними морозами. Весной с этих обрывов сползают огромные массы материала, часть которого остается у подошвы обрыва, образуя узкий наклонный к речке бечевник, но преобладающая масса материала размывается весенним течением реки и уносится им.

## СОСТАВ ВОДЫ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДИЯ

Таким образом, весной во время половодия в реке несется вода, бедная растворенными веществами, но содержащая во взмученном состоянии чрезвычайно равномерную смесь минеральных веществ и тонко измельченных органических остатков, несущих с собою богатую бактериальную и грибную флору и способных к энергическому разложению, как только они попадут в благоприятствующие ему условия. Минеральные вещества воды половодия представляют массу всех элементов почв и материнской породы бассейна — камней, хряща, песка, кварцевой и кремнеземной пыли, глины, углекислой извести, окиси железа и марганца. Наконец, здесь же представлены органические остатки почвы, ее аморфный перегной и вся ее бактериальная и грибная флора и все обитавшие снесенную почву животные, черви, личинки, куколки, насекомые, еще не проснувшиеся от своего зимнего оцепенения. Вся эта масса разнородных элементов несется в речной воде в тесной смеси, подвергаясь лишь очень несовершенной сортировке, выражающейся в том, что наиболее крупные минеральные элементы — камни и хрящ перекатываются по дну реки, а наиболее крупные элементы органического вещества — деревья, крупные сучья, трупы плывут по поверхности реки.

## ОТЛОЖЕНИЕ РЕЧНЫХ ОСАДКОВ

Дальнейшая участь несущегося по реке материала, способ и места его отложения зависят целиком от характера протекания процесса половодия.

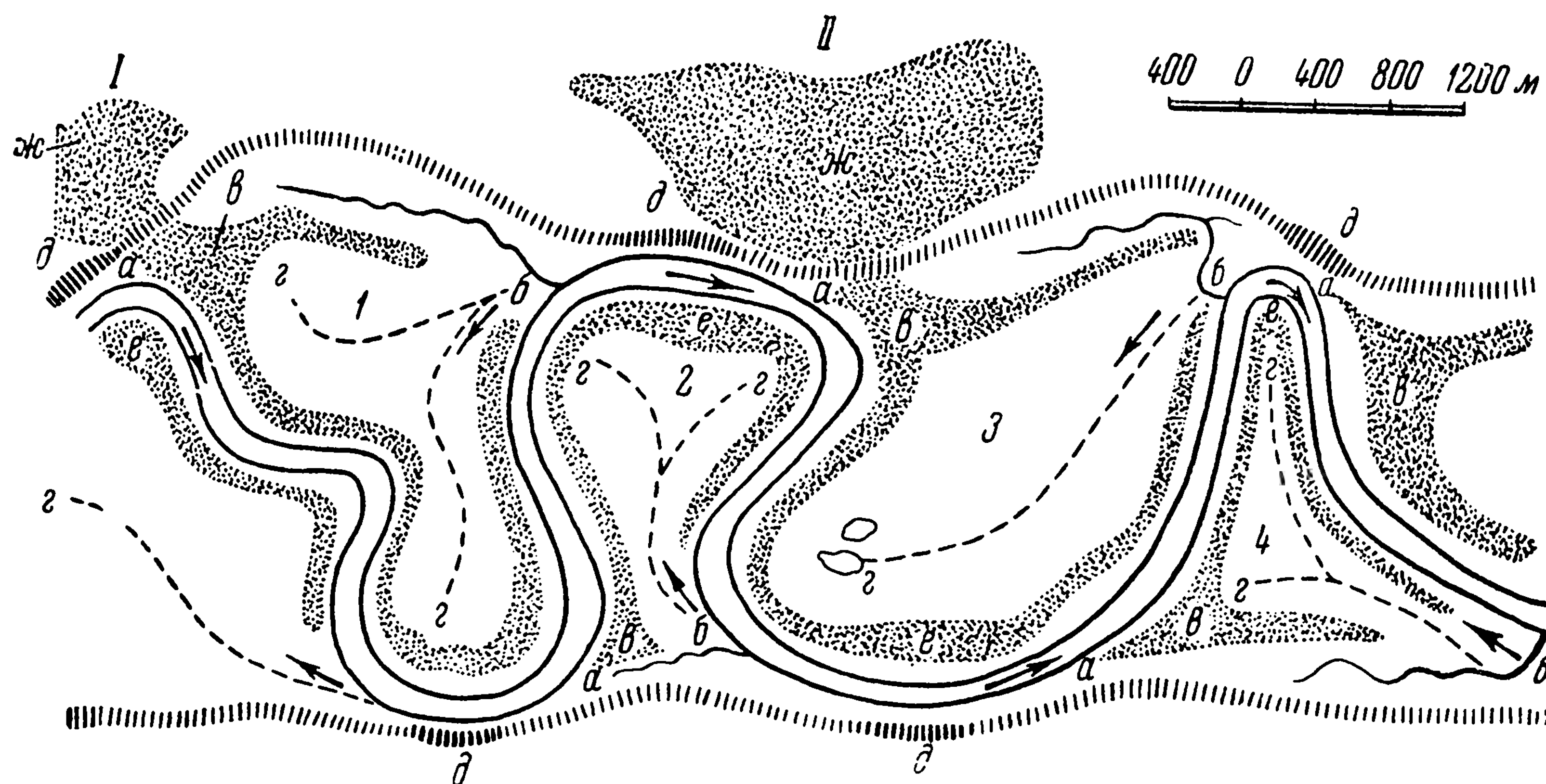



Рис. 8. Схематизированная карта части среднего течения реки Москвы между селом Коломенским и деревней Чагиной:

*а* — начальные (высшие) точки участков поймы; *б* — конечные (низшие) точки участков поймы; *в* — области наибольшего скопления песков поймы; *гб* — линии тальвегов участков зернистой поймы; *д* — обрывы подмываемых крутых частей коренных берегов долины реки; *е* — повышения донных заграждений против подмываемых участков коренных берегов реки; *веб* и *вб* — границы высших частей периферии участков поймы; *ж* — область вздутых притеррасных песков; *1, 2, 3, 4* — отдельные участки поймы, расположенные попеременно на левом и правом меженных берегах реки; *I, II* — последовательные по течению реки области вздутых песков на левом берегу реки.

В том случае, когда река протекает в местности, в которой сохранилось еще большое количество лесов, развитие половодия идет очень равномерно, и весь период высокой воды растягивается на гораздо более продолжительный срок. Причины этого явления были уже разобраны в главе об общих свойствах подзолообразовательного процесса. Здесь же мы вкратце укажем, что такое замедление темпа половодия происходит под

влиянием затенения снегового покрова пологом леса, сопротивления, оказываемого движению делювиальных потоков мертвым и живым покровом леса, и значительного увеличения количества атмосферных осадков, проникающих в почву и передвигающихся далее в форме почвенной и грунтовой воды. Последняя причина, как мы видели в главе о переносе продуктов выветривания, является одним из могучих факторов, определяющих постоянство водного режима реки, растягивая период стока атмосферных вод к речным долинам. Само собою разумеется, что подобное удлинение срока стекания атмосферных вод неминуемо должно отразиться на соответствующем уменьшении количества воды, притекающей в долину реки в единицу времени.

В результате влияния леса на водный режим реки меньшее количество полой воды располагает большим промежутком времени для протекания по руслу реки. Понятно, что при этих условиях абсолютная величина поднятия уровня высокой воды над уровнем межени будет меньше, чем при других условиях, и высокая вода, как правило, проходит по руслу, не переливаясь через гребень дюнных заграждений реки.

Для того, чтобы уяснить себе дальнейшее развитие процесса разлива реки при изучаемых условиях, необходимо помнить, что дюнные заграждения реки в общих существенных чертах построены по одному плану на всех участках поймы.

Подошва дюнных заграждений всегда имеет уклон по направлению течения реки, так что высшая точка этой линии берега всегда лежит в верхнем по течению реки конце участка поймы (на рис. 8, представляющем схематизированную карту небольшого участка среднего течения реки Москвы, обозначена буквой *а*), низшая же точка той же линии берега расположена всегда в нижнем по течению реки конце участка поймы (рис. 8, *б*). Область наибольшего скопления песков после всякого поворота реки от коренного ее берега лежит также всегда в самом верхнем по течению реки конце каждого участка поймы

(рис. 8, *в*). Здесь же абсолютная высота дюнных заграждений реки над линией их подошвы или линией бечевника достигает наибольшей величины. Начиная от этой области волнистая линия вершин дюнных заграждений в среднем беспрерывно падает, достигая своей низшей точки в самом нижнем по течению реки конце поймы (рис. 8, *б*). Здесь линия вершин дюнных заграждений сливается с линией подошвы их и здесь помещается устье притеррасной речки в случае, если она представлена в форме постоянного водотока. Наконец, к этой же точке подходит и низшая точка тальвега поймы (линия *гб*, рис. 8).

В средней части береговой линии каждого участка поймы в случае, если с противоположного берега расположена подмываемая рекой терраса коренного берега реки (рис. 8, *д*), дюнные заграждения реки несколько значительнее развиты в ширину, и высота их также превышает среднюю высоту нормальной линии ее падения (рис. 8, *е*).

Поверхность почвы каждого участка поймы имеет также всегда определенный уклон двух порядков, от высших точек поверхности по внутренней границе притеррасных и прирусловых дюн перпендикулярно к линии тальвега поймы (от кривых линий, соединяющих точки *веб* и *вб*, рис. 8). Кроме того, вся местность имеет общий уклон, параллельный направлению и падению тальвега поймы (линии *гб*, рис. 8).

## ЗАТОПЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

При таких условиях рельефа поймы, как только прибывающая в русле реки вода достигнет уровня меженных берегов реки и начнет заливать область бечевников, так одновременно она должна подняться вверх по руслу притеррасной речки и по тальвегу поймы (там, где притеррасная речка не выражена — только по тальвегу поймы) и вступить в область поймы, заполняя ее постепенно, начиная с наиболее пониженных мест, и медленно распространяясь против общего уклона местности,

одновременно с прогрессирующим поднятием уровня воды в реке (по направлению стрелок на рис. 8).

При таком порядке заполнения области поймы водой половодия реки, течения воды в собственном смысле слова в этой области не будет. Вода будет просто прибывать, постепенно повышаясь в своем уровне против направления уклона местности, так сказать, в гору, и против направления течения воды в русле реки, по направлению от низшей точки местности к высшей и, наконец, заполнит всю область центральной и притеррасной поймы каждого участка, оставив незалитою часть области притеррасных и прирусловых дюн и часть области наибольшего скопления песков (места *в* и *е* на рис. 8). Вода, проникшая в область каждого участка поймы, будет находиться в состоянии полного покоя, образуя так называемый *пруд* или *заводь разлива*.

## ОСАДКИ ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

Очевидно, что при таком порядке разлива в месте поступления полой воды в область поймы должна получиться чрезвычайно большая разница быстрот течения воды в различных областях, занятых половодием. Наибольшая скорость течения будет представлена по направлению оси меженного русла в области стремени русла, наименьшая скорость воды будет выражена в области бечевников, и, наконец, почти полное отсутствие всякого движения области центральной и притеррасной поймы.

Мы уже видели раньше, что уменьшение скорости движения воды в области бечевников имело своим последствием отложение на поверхности бечевников массы песка. Ясно, что еще более резкая разница между все-таки еще быстрым движением воды в области бечевников и полным отсутствием движения воды в области заводи поймы должна вызвать еще более резко выраженную дифференцировку взмученного в воде материала в пограничной области разницы скоростей движения воды,

т. е. в месте проникновения воды разлива реки в область поймы, или, другими словами, в устье тальвега поймы и притеррасной речки. Через эту пограничную область в область стоячей воды поймы могут проникнуть взмученные в воде элементы лишь такой крупности, которые остаются во взмученном в воде состоянии в стоячей воде, и даже частицы средней пыли (0,01—0,005 мм) проникают в область центральной поймы в весьма ограниченном количестве. Главной массой заносимых в область центральной и притеррасной поймы взмученных в воде частиц будут частицы мелко раздробленного органического вещества и аморфного перегноя и глинистые минеральные частицы (< 0,001 мм), остающиеся во взвешенном состоянии в стоячей воде неопределенно долгое время, и частицы тонкой пыли (0,005—0,001 мм), падающие на дно в стоячей воде со скоростью 100 мм в 24 часа.

## ОСЕДАНИЕ ВЗМУЧЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

В процессе оседания тончайших осадков, взмученных в воде, залившей область центральной и притеррасной поймы, наблюдается несколько особенностей, на которых необходимо остановиться.

Элементы как органического вещества, так и минеральные, достигшие степени измельчения глинистых частиц (мельче 0,001 мм), обладают способностью оставаться во взвешенном в воде состоянии или, другими словами, в состоянии суспензии неопределенно долгое время при условии, чтобы жидкость, в которой взвешены эти вещества, представляла или чистую воду или слабый раствор некоторых веществ, в присутствии которых это свойство глинистых частиц выражается в еще более резкой форме в том смысле, что в присутствии этих веществ в виде жидкого раствора в том же объеме воды может быть взмучено двойное, тройное и большее количество их и избыток вещества не будет быстро оседать на дно до тех пор, пока со-

держание частиц в воде не достигнет определенного предельного максимума, как это наблюдается и для чистой воды.

К веществам, затрудняющим процесс осветления мутной от взвешенных глинистых частиц воды, принадлежат водные растворы аммиака, углеаммиачной соли, гуминово-аммиачной соли (как естественной, так и искусственной) и некоторых других веществ.

Другие вещества, даже в присутствии их в растворе в ничтожных количествах, препятствуют переходу глинистых частиц в состояние суспензии в воде. В их присутствии глинистые частицы сбиваются в более или менее крупные рыхлые хлопья и в таком виде быстро оседают на дно сначала рыхлым, а затем быстро уплотняющимся осадком. К таким веществам принадлежат все кислоты, почти все соли, кроме вышеназванных, спирты и многие другие вещества. Присутствие в растворе свободного аммиака, углеаммиачной и гуминово-аммиачной солей и некоторых других веществ в значительной степени парализует свертывающее влияние других солей. Концентрация солей и веществ, вызывающих свертывание глинистых частиц в присутствии вышеупомянутых веществ, должна быть соответственно повышена.

Таким образом, присутствие в речной воде половодия углеаммичной соли должно в сильной степени помогать удержанию глинистых минеральных и органических элементов во взвешенном состоянии. Действительно, мы наблюдаем, что вода разлива в течение нескольких дней продолжает оставаться мутною. Но затем сразу наступает явление осветления воды разлива, взмученные вещества оседают ровным слоем на поверхность почвы поймы и при наступающем процессе спада воды из области поймы стекает совершенно осветленная вода.

Процесс стекания воды с участков поймы совершается в обратном порядке по сравнению с процессом вступления воды на те же участки. По мере падения уровня воды в реке вода из заводей поймы устремляется в реку по тальвегу поймы и по

руслу притеррасной речки. При этом скорость тока воды, проходящей через наиболее пониженную точку поймы (рис. 8, *б*) в нижней по течению реки части каждого участка, такова, что вновь взмучивает и уносит обратно в русло реки все те мелкие осадки, которые оставила здесь вода разлива при ее вступлении в область центральной и притеррасной поймы, и устье притеррасной речки очищается от заносов.

## ДВА ТАКТА ПОЛОВОДИЯ

Процесс разлива реки совершается всегда в два такта.

Первый подъем воды происходит от усиленного притока в реку делювиальных потоков *снеговой воды*. В этой стадии развития разлив реки подвержен значительным колебаниям как в течение суток под влиянием различной скорости таяния снега днем и ночью, так и в зависимости от состояния погоды в каждые сутки. В этот период степень загрязнения воды реки взмученными веществами достигает своего максимума. Этот первый такт разлива развивается под влиянием условий погоды — антициклона с устойчивым ярким солнечным освещением.

Но затем антициклон сменяется первым весенним циклоном, наступает хмурая дождливая погода, теплый дождь сгоняет в одну ночь все остатки снега, и вскоре, после наступления первого весеннего минимума барометрического давления, наступает второй такт разлива. Несмотря на то, что снег уже сошел, несмотря на то, что прошедшие дожди не носили характера ливней и не могли в сильной степени образовать делювиальных потоков, уровень воды в реке, начавший было спадать под влиянием пасмурной погоды, вдруг начинает вновь подниматься, и поднятие совершается на значительную высоту и совершенно не зависит от времени суток и состояния погоды, продолжаясь и днем, и ночью, и в пасмурную погоду. На народном языке про этот такт разлива говорят, что «тронулась земляная вода». Под влиянием наступившего минимума барометрического дав-

ления воздух, заключенный в массе почвы, подвергается значительному расширению, и так как почва сверху еще насквозь пропитана водой, то расширившийся воздух выдавливает соответствующую массу почвенной воды в долину реки.

Четырнадцатилетние наблюдения над водным режимом десяти различных почв в лизиметрах с поверхностью в 4 кв. м и глубиною в 1 м дали возможность сделать тот вывод, что единственным источником почвенной воды являются атмосферные осадки, и главным фактором, определяющим колебания почвенных вод и количество вытекающей почвенной воды, является изменение барометрического давления.

## ВЫСТУПЛЕНИЕ ПОЧВЕННОЙ ВОДЫ

Так как быстрота тока почвенной воды умеряется сопротивлением породы, то и колебания ее количества не подвержены таким большим изменениям. Выступление почвенной воды сопровождается при глубоких и устойчивых понижениях барометра во время весеннего минимума барометрического давления чрезвычайно высоким подъемом воды в реке, так что даже бóльшая часть дюнных всхолмлений покрывается водой и незалитыми остаются лишь область наибольшего скопления песков и области повышения дюнных заграждений реки на берегах противоположных свежим обрывам крутых террас (рис. 8, *в* и *е*). Период выступления почвенной воды сопровождается всегда обвалами и оползнями крутых обрывов террас, разрыхленных сухими периодами предшествовавшего лета и зимними морозами, и из свежих обрывов появляется масса ключей, выделяющих воду, которая на поверхности воды реки и вокруг струй, которыми она стекает по обрыву, оставляет иридирующие пленки.

## ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННОЙ ВОДЫ НА ВОДУ РАЗЛИВА

Явление осветления воды разлива на поверхности участка поймы всегда следует по времени своего наступления за вторым

тактом разлива. И если исследовать воду, покрывающую участок поймы в то время, когда процесс осветления ее кончился, или в период его осуществления, то мы констатируем резкую разницу в свойствах и составе воды. Прежде всего, резко изменяется реакция воды — из нейтральной или слабощелочной она становится кислой, и красный цвет лакмусовой бумажки сохраняется и после высыхания. Цвет жидкости часто также изменяется в желтоватый. Вода, взятая невдалеке от террасы, после фильтрации через бактериальный фильтр, представляет кристально-прозрачную бледножелтую жидкость. После стояния в открытом для доступа воздуха сосуде она начинает сначала опалесцировать, затем мутнеет, и через несколько часов на дне сосуда собирается объемистый красно-желтый осадок, напоминающий по своим свойствам осадок гидрата окиси железа. Вода, взятая на далеком расстоянии от террасы, обладает теми же свойствами, но в меньшей степени выражения.

Количество плотного остатка в воде увеличивается в несколько раз — в нем появляются кремневая кислота, углеизвестковая соль и соли закиси железа. При прокаливании плотного остатка вместо прежнего запаха жженого сахара, характерного для искусственной гуминовой кислоты, развивается характерный острый запах перегоняемой креновой кислоты. Из объемистого красно-желтого осадка чрезвычайно легко получаются рубиново-красные кристаллы апокрената железа.

Мы не будем пока останавливаться на составе плотного остатка воды разлива, так как нам придется ближе познакомиться с ее составными частями при изучении притеррасной области поймы. В настоящее время нам интересно только констатировать, что приток почвенных вод в воду, покрывающую поверхность каждого участка поймы, внесет в эту воду некоторое количество свободной креновой кислоты, углеизвестковой соли и значительное количество апокрената закиси железа, вымываемого из глеевого горизонта почв третьей трети склона внепойменных элементов рельефа, прилегающих к области пой-

мы. Апокренат закиси железа на воздухе легко окисляется в апокренат окиси железа, придающий почве характерную для пойменных глин лугово-лесной зоны красно-бурую и желто-бурую окраску. Эта же соль образует характерные иридирующие пленки на воде и на свежих обрывах крутой террасы.

Под влиянием внесенных почвенною водой свободной кислоты и солей все содержащиеся в воде разлива взмученные вещества, как органические, так и минеральные, сбиваются в хлопья и быстро оседают на поверхность почвы. При начавшемся спаде воды прозрачная речная вода сбегает в русло, оставляя все биологические элементы поверхности поймы погребенными более или менее толстым слоем осадка.

## НЕНОРМАЛЬНЫЕ СЛУЧАИ РАЗЛИВА РЕК

Иногда бывают случаи, когда весенний антициклон продолжается очень долго, и под его влиянием не только поверхность территории бассейна реки освободится от снежного покрова, но успеет стечь по руслу реки и мутная снеговая вода разлива. В этом случае вода с участков поймы сбегает, не оставляя на ней никакого осадка, кроме плававших на ее поверхности и прибитых ветром к берегу предметов. Запоздавший циклон вызывает обычное проникновение почвенной воды и в область русла через крутые террасы и в область поймы через пологие террасы, но эта вода успевает сбежать через русло притеррасной речки.

Противоположный случай, когда весенний антициклон продолжается очень короткое время и сменяется длительным циклоном, вызывает большей частью печальные последствия, причиняя часто поразительные по силе и высоте разливы рек, так как под влиянием дождей циклона снег тает очень быстро и к массе снеговой воды, еще не успевшей сбежать с поверхности бассейна реки, присоединяется еще почвенная вода. В этом случае уровень разлива поднимается сразу так высоко, что вода его перекатывается через дюнные заграждения, иногда проры-

вая их, и течение полой воды устанавливается во всю ширину долины реки. Такое течение уносит все мелкие взмученные в воде частицы и наносит груды песка из размываемых дюн. Благодаря высокому подъему, река усиленно подмывает обрывы террас, которые обрушиваются вследствие напоров почвенной воды, и речная вода вносит на ближайший, расположенный ниже по течению реки участок поймы массу несортированного материала основной морены. Так как течение воды, внесшее по инерции из-за поворота реки массу несортированного материала, попадая на менее глубокую часть нового русла над участком поймы, сразу ослабевает, то весь материал оседает в форме *косы*, представляющей по своему изгибу как бы продолжение вышележащей излучины реки. Сначала коса представляет высокую груду, покрытую щебнем и валунами, и постепенно уменьшается в своей высоте в направлении течения реки.

* * *

## ВЕЩЕСТВА, СОСТАВЛЯЮЩИЕ ОСАДОК

Осадок, оставшийся на поверхности поймы, после спада весенней воды, претерпевает ряд значительных изменений. Чтобы дать себе ясный отчет в происходящих при этом процессах, следует помнить, что этот осадок состоит из самой тесной и равномерной смеси тончайше измельченных частиц органического вещества и таких же частиц минеральных веществ. Входящие в состав осадка вещества обладают некоторыми особенностями.

Органические вещества представляют смесь самых разнородных веществ: в них входит и аморфный перегной и вещества как растительных, так и животных тканей, сохранившие еще свое клеточное строение. Бóльшая часть органических веществ в течение зимы предохранялась от разложения низкой температурой снегового покрова, при наступлении же благоприятных условий все эти вещества подвергаются энергиче-

скому разложению, тем более что богатая флора бактерий экскрементов животных представлена в них очень обильно.

Минеральные вещества осадка состоят из мельчайших элементов почвы и материнских и коренных пород, обнажающихся в крутых террасах, подмываемых рекой. Элементы почвы, отмученные делювиальными потоками, состоят преимущественно из тончайшей аморфной кремневой кислоты и из окиси железа (реже в них может содержаться каолин). Зато из коренных пород, перемытых водою разлива, в осадок попадает большое количество тончайше измельченной углеизвестковой соли, фосфата извести, окиси железа, каолина и гипса, так как, кроме основной морены, в крутых берегах рек лесо-луговой полосы часто обнажаются известняки, черные и розовые юрские глины, красные гипсоносные пермские мергели и фосфоритоносные глины. Наконец, ко всем этим веществам присоединяется часто еще значительное количество апокрената железа, образующегося в виде рыхлого хлопьевидного осадка при окислении апокрената закиси железа, растворенного в массе почвенной воды, проникающей в пруды поймы во время второго такта разлива реки.

## ВЫСЫХАНИЕ НАИЛКА

Тотчас по сходе воды осадок представляет черную или желто-бурую аморфную слизистую полужидкую массу ила, покрывающего всю пойму сплошным слоем, толщиной от 2—3 до 10—30 см.

Под влиянием беспрерывно день и ночь дующих в пойме ветров, осадок начинает быстро высыхать. В этом процессе главная роль, определяющая характер его конечного результата, принадлежит органическому веществу.

В том состоянии измельчения, в котором мы встречаем органическое вещество в отложениях осадка на пойме и которое граничит с аморфным коллоидальным состоянием, в органическом веществе с чрезвычайной резкостью проявляется спо-

собность изменять свой объем с изменением содержания воды. Под влиянием быстро прогрессирующего высыхания масса

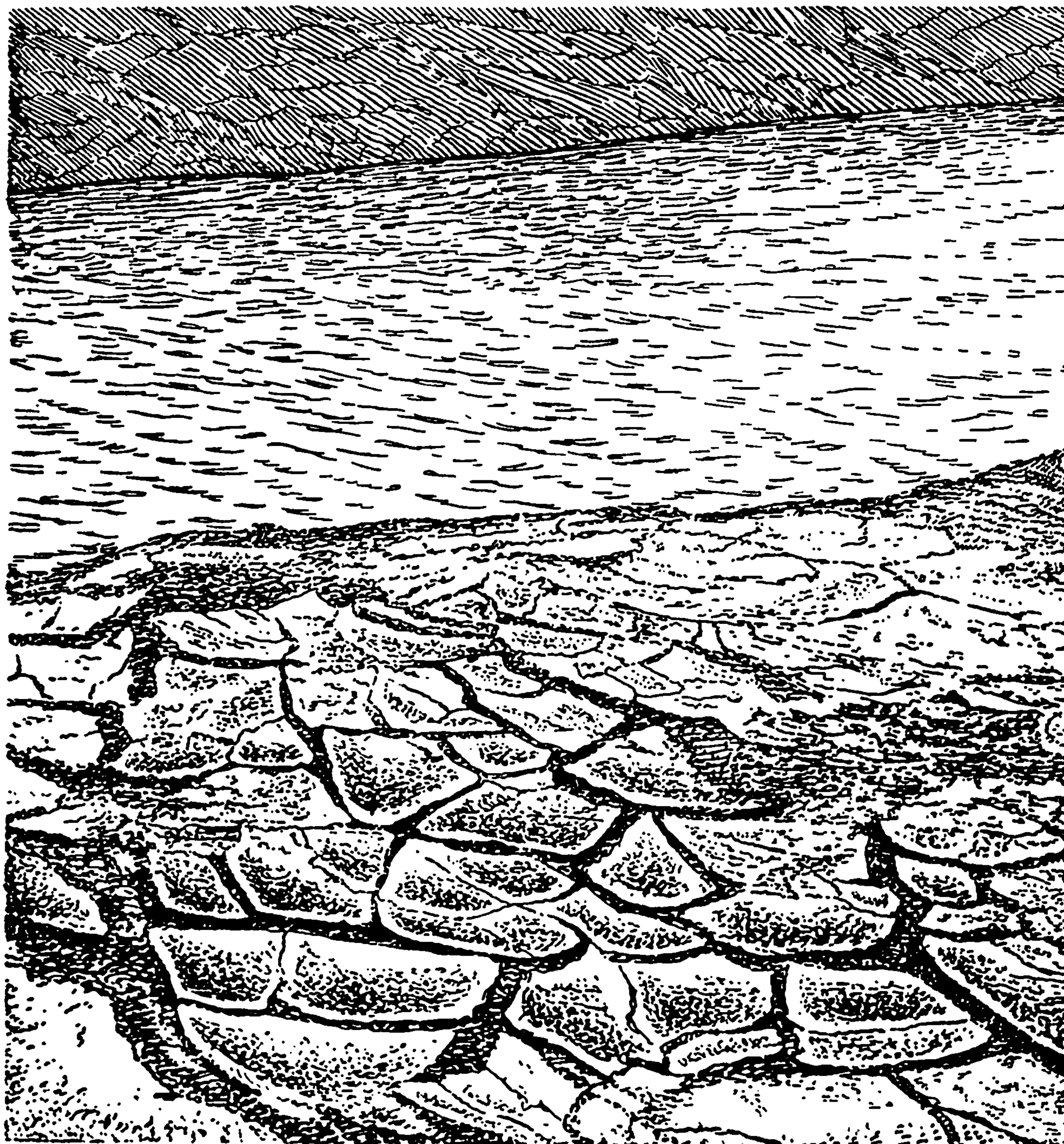


Рис. 9. Корка наилка на берегу «старицы» реки Клязьмы близ деревни Елховицы, Владимирской области. (Фотография профессора М. П. Григорьева из альбома «По Клязьме на «Бесконечности» Государственного лугового института имени В. Р. Вильямса).

осадка начинает разрываться трещинами и через 3—4 дня обращается в бесчисленное количество более или менее толстых пластинок, отделенных друг от друга вертикальными трещинами, зияющими сверху и сходящимися своими гранями внизу (см. рис. 9).

Сначала образовавшиеся пластинки совершенно плоски. Но скоро под влиянием интенсивного испарения по чрезвычайно развитой поверхности вертикальных трещин начинается усиленное высыхание по периферии каждой отдельной пластинки. Под влиянием сильного уменьшения объема в области более сильного высыхания, каждая пластинка начинает загибаться краями вверх и, кроме того, расслаивается параллельно дневной поверхности на мелкие пластинки толщиною в 2—3 мм. Такое расслаивание и растрескивание является результатом двух основных свойств органического вещества — способности его сильно уменьшаться в объеме при высыхании и чрезвычайной медленности волосной передачи воды, неразрывно связанной с огромной влагоемкостью органического вещества.

Это явление напоминает растрескивание горных пород периферическими трещинами под влиянием медленности передачи тепла породой.

В том, что в разбираемом случае причиной являются свойства органического вещества, а не глинистых частиц, масса которых также обладает способностью изменять объем при высыхании и также отличается медленностью волосного движения воды по ее массе, мы убедимся при изучении процессов отложения слоистой глинистой поймы.

## ОБРАЗОВАНИЕ ЗЕРНИСТЫХ ОТДЕЛЬНОСТЕЙ ПОЙМЫ

Под влиянием быстро прогрессирующего высыхания вся масса осадка в короткий срок (около одной недели) сплошь рассыпается на более или менее толстый слой граненых комков, имеющих от 2 до 3 мм в диаметре.

Образовавшаяся масса глинистых комков отличается чрезвычайной связностью и залегает сплошным слоем на поверхности всей области центральной поймы. Она находится в чрезвычайно выгодных условиях для проявления процесса аэробного бактериального разложения органического вещества.

## УСЛОВИЯ БИОХИМИЗМА ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

Условия влажности не оставляют никаких сомнений. Влагоемкость глинистой почвы представляет наибольшее ее природное выражение для минеральных почв вообще. Вся же толща зернистой поймы находилась под водой половодия в течение двух-трех недель; этого времени с избытком достаточно для того, чтобы каждый комок всей толщи почвы поймы успел насквозь пропитаться водой до состояния насыщения своей полной влагоемкости, несмотря на чрезвычайную медленность волосной передачи воды в этой почве.

Условия сохранения влажности чрезвычайно совершенны. Как только высохнет верхний, наиболее поверхностный слой мелких комочков, так волосное передвижение воды в массе почвы совершенно прекращается. Вода из тончайших капилляров нижележащих комков совершенно не может пройти через более грубые, даже, может быть, неволосные промежутки, отделяющие нижние комки от высохшего слоя верхних комков. Поэтому испарение воды из нижележащих комков может происходить только в неволосные промежутки между комками. Эти промежутки заполнены застойным воздухом, обмен которого чрезвычайно затруднен вследствие незначительного диаметра комков и соответственно неволосных промежутков между ними. Почвенный воздух поэтому будет очень скоро насыщен парами, и испарение воды почвой почти совершенно прекратится. Потеря воды почвой сведется только к осмотической передаче ее паров из воздуха почвы в атмосферный, который в области поймы, в непосредственной близости реки всегда будет отличаться значительной влажностью.

Но в то время, как незначительная разница в величине парциального давления паров воды в атмосферном воздухе и воздухе почвы будет служить сильным препятствием для осмотической потери воды почвой зернистой поймы, осмотический обмен кислорода между этими двумя средами будет отличаться

большой энергией. Кислород почвенного воздуха будет беспрерывно поглощаться аэробным процессом разложения органического вещества, вследствие чего не может установиться осмотического равновесия. В комковатой же почве осмотический обмен газов совершается с такой же полнотой, как будто массы комков совершенно не существует, и осмотическое движение газов происходит как бы в среде неподвижного воздуха. Поэтому на смену кислорода, поглощенного аэробным бактериальным населением почвы поймы, беспрепятственно притекает новое количество кислорода. Воздух долины реки богат озоном вследствие близости большой испаряющей водной поверхности реки, и аэробное разложение органического вещества почвы совершается при особенно благоприятных условиях.

Что касается термических условий разложения органического вещества в области центральной поймы, то полное отсутствие всякой древесной растительности на зернистой пойме обеспечивает самые лучшие условия инсоляции. Пониженное до минимума испарение воды из зернистой почвы совершенно устраняет эту главную причину потери тепла почвой. Малая теплопроводность комковатой почвы, все промежутки между комками которой заполнены воздухом и теплопроводность которой в таком состоянии равна теплопроводности воздуха, устраняет и потерю тепла путем проведения его в более глубокие слои.

При такой возможно наивыгоднейшей комбинации влажности, температуры и доступа кислорода сама почвенная среда представляет не менее благоприятную комбинацию состава и распределения органического вещества.

## БИОХИМИЗМ ПОЧВЫ ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

Органические остатки растительного происхождения, входящие в состав осадка в состоянии тончайшего размельчения и в форме равномерной смеси с минеральным веществом наилка, представляют наименее благоприятную часть всей массы орга-

нического вещества, в смысле содержания питательных веществ. Они в конце предыдущего вегетационного периода уже подвергались разложению, прерванному зимними морозами, и поэтому содержат преимущественно одревесневшую клетчатку, содержащую сравнительно мало азота и золы.

Зато органические остатки животного происхождения, замерзшие сразу после их выделения из организма, содержат все элементы пищи растений и очень большое количество азота и фосфорной кислоты. В ледяной воде половодия они не могли измениться, и их разложение начинается уже на месте отложения наилка после его обращения в комки и достижения почвой благоприятной температуры.

Под влиянием органических остатков животного происхождения, чрезвычайно легко подвергающихся разложению, должна развиться богатая микрофлора, которая вовлечет в процесс разложения и более инертную часть органического вещества — растительные остатки, аморфный перегной, снесенный делювиальными потоками воды, и апокренат окиси железа, осевшей на почве. Большинство этих веществ чрезвычайно богаты азотом и поэтому при их разложении в почве поймы будет образовываться очень большое количество азотнокислых солей. Это количество настолько велико, что грунтовые воды зернистой поймы содержат ее в большом количестве. Даже озера, которые почти всегда присутствуют на границе центральной поймы и области наибольшего скопления песков, всегда заключают солоноватую воду, содержащую поразительно большое количество селитры и сернонатровой соли. Эти озера только потому не обращаются в селитряные и аммиачные «гуджирные» озера, которыми изобилуют поймы рек восточной Сибири, что в нашей зоне каждую весну содержимое их вымывается водой разлива.

Кроме органического вещества и минеральная часть осадка содержит значительные количества углеизвестковой соли, серноизвестковую, фосфорноизвестковую соли и массу окиси железа.

Ясно, что вся масса наилка должна неминуемо начать бурно разлагаться, как только под влиянием развития зернистости этих почв в них установится ярко выраженный процесс аэробного разложения органического вещества.

## ПРОЧНОСТЬ СТРУКТУРЫ ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

При бурном аэробном разложении органического вещества комков зернистой поймы в самом поверхностном слое каждого комка образуется большое количество гуминовоаммиачной соли, которая осмотически распространяется по насквозь пропитанному водой комку. Вследствие значительного содержания воды в комках волосное движение ее внутрь комка исключено. Пропитавшая комок гуминовоаммиачная соль немедленно делается жертвой бактериального разложения. Под влиянием его на поверхности комка аммиак окисляется до азотной кислоты, и гуминовая кислота выделяется в денатурированном состоянии, т. е. в состоянии, не растворимом в воде, и поэтому также разрушается аэробными бактериями. Внутри комка та же гуминовоаммиачная соль подвергается уже анаэробному разложению, так как бурный аэробный процесс, протекающий на поверхности комков, поглощает весь кислород, и аммиак разрушается с образованием свободного азота, и выделяющаяся гуминовая кислота получается в том же нерастворимом в воде состоянии. Выделяющаяся внутри комка гуминовая кислота в анаэробных условиях сохраняется и чрезвычайно прочно склеивает минеральные элементы комков. И так как каждый комок зернистой поймы остается в поверхностном горизонте всего лишь в течение одного года и на будущий год погребается под новым горизонтом осадка, то прочность комков, не успевающих потерять своей структуры в течение одного года, сохраняется на неопределенно продолжительное время.

Мы уже упоминали выше, что свежеобразовавшиеся комки зернистой поймы в лесо-луговой области всегда окрашены

в желто-бурый или красно-бурый цвет, благодаря присутствию в них апокрената окиси железа. Под влиянием аэробного процесса апокреновая кислота чрезвычайно быстро окисляется, давая начало, вследствие очень большого содержания азота, огромному количеству селитры в изучаемых почвах, и в комке остается свободная окись железа. Окись железа в более глубоких слоях под влиянием анаэробиозиса подвергается восстановлению, и цвет почвы зернистой поймы на некоторой глубине переходит в характерный мертвенносерый — обособляется глеевый горизонт.

Таким образом, развиваются характерные почвы — *зернистые пойменные глинистые почвы*. Чаще всего и почти на всяком участке зернистой поймы эти почвы бывают представлены двумя разностями, отличающимися как по своему территориальному распространению в пределах каждого участка поймы, так и по своим свойствам.

## ЗЕРНИСТЫЕ ГЛИНЫ ПОЙМЫ

Первая разность, собственно *зернистые пойменные глины*, развиты в центральной части зернистой поймы по обе стороны ее тальвега. Они представлены в сущности одним горизонтом, который может быть разделен на два подгоризонта.

Верхний горизонт представляет *тяжелую зернистую глину* с содержанием около 35—50% глинистых элементов при полном отсутствии элементов крупнее 0,01 мм. В лесо-луговой зоне этот горизонт окрашен в буро-желтый или буро-красный цвет вследствие значительной примеси окиси железа.

На глубине обычно около 50 см верхний подгоризонт совершенно незаметно постепенно переходит в нижний подгоризонт — *глеевый*, отличающийся от верхнего лишь тем, что окись железа в нем восстановлена в закись железа.

На глубине 80—100 см замечается обыкновенно довольно ясно выраженное стремление комков принимать граненую

форму, что объясняется значительным давлением вышележащей толщи почвы и чрезвычайной влажностью нижних ее слоев, комки которых поэтому приобретают значительную пластичность.

## ЗЕРНИСТЫЕ СУГЛИНКИ ПОЙМЫ

По мере удаления от линии тальвега и приближения к областям прирусловых и притеррасных дюн почвы зернистой поймы претерпевают все более и более усиливающееся изменение своего механического состава в смысле увеличения в них количества пылеватых элементов и все возрастающей крупности этих элементов. Мы уже видели, что причиной этого является развевание песчаных и пылевых отложений прирусловых и притеррасных дюн. Понятно, что с удалением от области развевания уменьшается и крупность переносимых ветром частиц.

В наиболее удаленных от областей притеррасных и прирусловых дюн частях центральной поймы пылеватые элементы примешаны равномерно. В областях же поймы, граничащих с областями развеваемых дюнных всхолмлений, часто попадают более или менее ясно выраженные прослойки эоловых наносов мелкого песка и пылеватых элементов. Это область *зернистых пойменных суглинков*, почвы которой отличаются от почв центральной области поймы, кроме своего механического состава, еще некоторыми особенностями, с которыми мы ближе познакомимся при изучении почв областей дюнных всхолмлений.

Уровень горизонта грунтовых вод в области центральной поймы достигает своей наибольшей высоты или близости к поверхности почвы по линии тальвега поймы, где чаще всего глубина грунтовых вод колеблется около 30 см и постепенно и равномерно понижается по мере приближения к областям дюнных всхолмлений и области наибольшего скопления пес-

ков. На границе этих областей глубина горизонта грунтовых вод колеблется чаще всего около 50—70 см.

## УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

Припоминая все условия, при которых идет отложение пойменных глин и развитие их зернистости, мы не можем не придти к заключению, что в области зернистой поймы сосредоточены все условия для наилучшего развития травянистого покрова. Водный режим в этой области отличается двумя основными свойствами — своей чрезвычайной устойчивостью и ярко выраженной равномерностью.

Первое свойство представляет результат того, что долины рек расположены в наиболее пониженных отрицательных элементах рельефа. Поэтому в поймах крупных водных артерий, где преимущественно развита зернистая пойма, горизонт почвенных вод совмещается с первым горизонтом грунтовых вод. Уровень же грунтовых вод регулируется комплексом условий, почти независимых от притока атмосферных осадков в течение вегетационного периода. Влияние колебаний уровня воды в реке, меженный уровень которой является природным показателем средней высоты стояния грунтовых вод, погашается медленной волосной передачей воды в глинистых почвах поймы и наличностью мощной толщи песчаных отложений бечевника и прирусловых дюн. В этих песках, вследствие отсутствия в них неволосных промежутков, затухает влияние гидростатического давления при спорадических повышениях уровня реки.

Кроме того, огромная влагоемкость глинистых комков при колоссальном развитии поверхности их соприкосновения с жидкостью является могучим регулятором, не допускающим быстрой передачи периодических колебаний уровня реки грунтовым водам. При повышении уровня реки грунтовые воды, стремящиеся со значительным запозданием подняться по неволосным

промежуткам зернистой поймы, будут жадно поглощаться смачиваемыми водой комками, и повышение будет вследствие этого идти весьма медленно. При понижении же уровня воды в реке с таким же запозданием будет понижаться и горизонт грунтовой воды, находящейся в неволосных промежутках зернистой поймы. Но запас воды, заключенной в капиллярах комков, будет достигать возможной максимальной величины своего выражения вследствие максимальной влагоемкости этих тяжелых глинистых почв. Запас воды в комках будет находиться в состоянии неподвижности как вследствие медленности волосной передачи воды в глинистой почве, так равно и вследствие трудности передачи воды из комка в комок, и влажность почвы будет подвергаться лишь очень медленным изменениям.

Второе свойство водного режима области — равномерность высоты уровня грунтовой воды и отсутствие резких колебаний его по поверхности всей территории поймы определяется ровностью дневной поверхности области зернистой поймы. На ней отсутствуют всякие резкие повышения и понижения, и ее поверхность представляет совершенно однородное и незначительное падение от областей периферических к линии тальвега поймы. Вследствие этого горизонт грунтовой воды, всегда повторяющий на своей поверхности характер рельефа местности, но с меньшими амплитудами колебаний высот, совершенно равномерно и незначительно понижается по мере удаления от линии тальвега поймы и приближения к периферическим областям песчаных и пылеватых наносов.

## ВОДНЫЙ И ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

Результатом таких свойств водного режима зернистой поймы является наличность в ней обильнейшего запаса воды, отличающегося чрезвычайной устойчивостью во времени и равномерностью распределения по всей поверхности поймы. При этом, вода, заключенная в комках почвы, не является

антагонистом воздуха, осмотически циркулирующего совершенно беспрепятственно по неволосным, незанятым водой промежуткам почвы. В результате всего сказанного в зернистой пойме осуществляются наиболее полно и совершенно все условия для развития аэробных микроорганизмов и растений, требующих вследствие характера своих подземных органов обильного доступа к ним кислорода воздуха.

### ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

Питательный режим почвы зернистой поймы также складывается весьма благоприятно как для микрофлоры, так и для высших растений. Как только сбежит с поверхности поймы вода разлива и сойдет избыток грунтовой воды из неволосных промежутков ее зернистой почвы по притеррасной речке и тальвегу поймы, играющих роль природных водоотводных канав всей области, почва ее начнет быстро согреваться. Главное препятствие к быстрому весеннему согреванию почвы — испарение воды здесь отсутствует. Поверхностный слой комков быстро обсохнет под влиянием беспрерывно дующих в области поймы ветров, дальнейшее же поднятие воды снизу вверх исключено по причине медленности волосной передачи воды в тяжелой глине и трудности ее передвижения из комка в комок.

Вследствие этого вскоре после спада вод начинается бурное аэробное разрушение органического вещества, входящего в состав всей массы комков почвы, освобождается обильное количество зольной и азотной пищи растений в состоянии минеральных окисленных соединений. Очевидно, что трудно ожидать осуществления лучшей комбинации условий для развития автотрофной растительности.

Под влиянием всей этой наиболее благоприятной комбинации жизненных условий начинается бурное развитие всех вегетативных органов растительности зернистой поймы, в фор-

ме которых она перезимовывала и которые в настоящее время прикрыты с поверхности рыхлым слоем новообразовавшихся комков.

## ВЕСЕННИЕ ЭФЕМЕРЫ ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

Первыми просыпаются от зимнего сна растения группы эфемеров, представленные особенно ярко некоторыми лютиковыми: калужница (Caltha palustris L.), жабник (Ranunculus ficaria L.) появляются массами, придавая всей поверхности поймы яркожелтый цвет.

Пока идет быстрое развитие весенней флоры зернистой поймы, корневища злаков также ведут усиленную деятельность. Заложенные еще в прошлом году побеги их прободают слой новой зернистой поймы, образуют в нем новые узлы кущения, из которых развивается новая обильная корневая система, питающая вновь заложенные в текущем году побеги. Одновременно развивается и новая сеть корневищ, пронизывающая во всех направлениях свежий нанос почвы, и образует бесчисленное количество новых побегов и новые пучки корней. Вследствие чрезвычайного изобилия пищи, распределенной по поверхности каждого комка, корни оплетают каждый комок и густой сетью развиваются во всем новом горизонте зернистого наноса, пронизывая его с чрезвычайной равномерностью, благодаря корневищам, разносящим пучки корней равномерно по всей поверхности.

## РАЗВИТИЕ ЗЛАКОВ ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

Новые корневища, развившиеся в зернистом наносе настоящего года, образовывают новые узлы кущения, из которых развиваются как новые пучки корней, так и новые побеги. Из этих последних наиболее ранние по началу своего развития сильно вытягиваются в длину и входят в травостой луга и в его укос в качестве неплодущих стеблей. После укоса или в случае его отсутствия после созревания семян стебли,

заложенные в прошлом году, отмирают со всей корневой системой, развившейся из их узлов кущения. Также отомрет и часть наиболее старых стеблей настоящего года, и из их узлов кущения начнется развитие новых корневищ с новыми узлами кущения и с новыми пучками корней, выходящими из этих узлов. Новые стебли, образовавшиеся после укоса, образуют новый густой покров — *отаву*, сменяющий скошенный или полегший после созревания семян и увлекший за собой неплодущие стебли настоящего года травостой. Побеги отавы послужат на следующий год для тех же целей бесполого размножения, как это совершили в настоящем году заложенные в прошлом году стебли (см. рис. 10).

Огромная масса ежегодно отмирающих корней, густо оплетающих каждый комок зернистой поймы, служит и механически к сохранению ее комковатой структуры и вместе с тем при своем аэробном разложении повлечет за собою усиленное пропитывание комков аморфным перегноем, создавая такую прочность комков, которая не имеет себе равной ни в одном другом типе почв.

Из всего вышеприведенного анализа условий генезиса и залегания почв зернистой поймы, как простое логическое следствие, вытекает целый ряд других особенностей этих почв и того типа угодий, которые они образуют.

### ОТСУТСТВИЕ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЕ

Прежде всего совершенно ясно, что при столь благоприятных условиях развития автотрофно питающейся травянистой растительности условия естественного лесовозобновления или, что то же, условия завоевания территории зернистой поймы древесной растительной формацией выражены настолько несовершенно, что *присутствие лесной растительности совершенно исключено из области центральной зернистой поймы*, так как она не может выдержать даже самой непродолжительной

борьбы с быстро развивающимися сообществами травянистых растений зернистой поймы, развивающими и поддерживающими сомкнутый ковер густого травостоя в течение всего вегетационного периода.

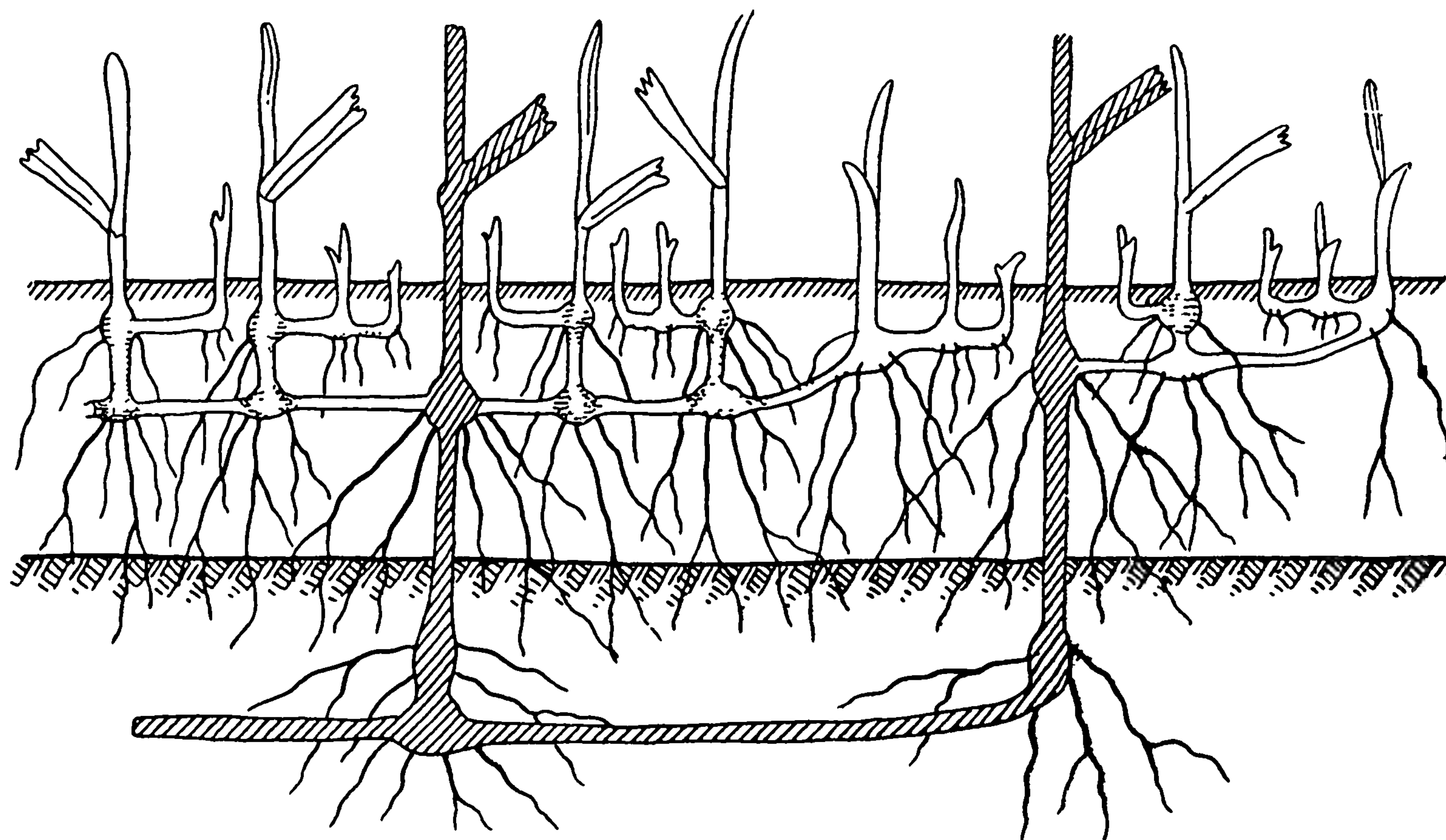


Рис. 10. Схема возобновления вегетативных органов корневищевого злака после заноса его отложениями зернистой поймы.

## УРОЖАЙ ЛУГОВ ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

Не менее ясно, что при наличии такой исключительно благоприятной комбинации условий влажности, температуры беспрерывности притока питательных веществ, инсоляции, при беспрерывном обмене воздуха и постоянной равномерной влажности воздуха речной долины величина растительной массы, создаваемой луговым сообществом в области зернистой поймы, должна достигать своего возможного максимального выражения. Одновременно, вследствие чрезвычайной устойчивости количественного выражения всех перечисленных условий, эта величина также должна подвергаться лишь незначительным колебаниям. И действительно, мы имеем здесь урожаи сена,

величина которых колеблется для различных участков поймы между 50 и 150 центнерами сена на гектар, при ничтожных колебаниях этих величин из года в год.

## ОСНОВНОЕ СВОЙСТВО ЛУГОВ ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

Наиболее важным как с практической, так и с теоретической стороны является свойство лугов зернистой поймы, стоящее, повидимому, в резком противоречии с основными свойствами дернового почвообразовательного процесса. Не взирая на то, что в почве зернистой поймы ежегодно отлагается чрезвычайно большое количество мертвого органического вещества, несмотря на то, что представители второй группы растительных сообществ, сменяющих сообщества весенней эфемерной флоры, все принадлежат к луговой растительной формации, отмирающей в осенний период,

> *луговой период дернового процесса в области зернистой поймы беспрерывно остается в корневищевой стадии и никогда не сменяется последующим болотным его периодом, несмотря на то, что эта область занимает наиболее пониженные элементы рельефа, несмотря на близость уровня грунтовых вод и несмотря на тяжелую глинистую почву*—условия, которые должны были бы, повидимому, благоприятствовать заболотеванию этих лугов.

Причины этого явления уже выяснены нами выше. Они сводятся, главным образом, к *изобилию питательных веществ в удобоусвояемых формах*, беспрерывно образующихся в верхних горизонтах этих почв при ежегодном возобновлении всего запаса источника этих веществ. В данном случае мы встречаемся с тремя факторами, определяющими исследуемое нами свойство этих почв; первый — это только что упомянутое изобилие питательных веществ, второй — это идеальная прочнокомковатая структура изучаемых почв и третий — это постоянное повышение уровня таких почв, благодаря ежегодным наносам ила.

На первый взгляд два последних фактора должны сами по себе влиять в том же направлении поддержания длительности корневищевой стадии дернового процесса на этих почвах Но если мы сравним их влияние в других случаях, в которых исключен фактор постоянного притока питательных веществ в удобоусвояемой форме, то мы увидим, что они одни не в состоянии вызвать того же эффекта.

Когда мы будем изучать почвы черноземной зоны, мы увидим, что на этих почвах, обладающих в известные моменты своего развития не менее совершенной прочнокомковатой структурой, процесс смены корневищевой стадии дернового процесса последующей рыхлокустовой, а последней плотнокустовой стадией, выражен очень ярко, и если не наступает дальнейшего перехода в болотный период, то по совершенно ясным причинам, которые мы изучим в дальнейшем.

Также и постоянное повышение уровня поверхности почвы с ярко выраженными условиями аэробиозиса в верхних слоях, но в отсутствие фактора постоянства притока питательных веществ *в удобоусвояемой форме* для растений автотрофного типа питания, мы видим в формировании почв делювиальных шлейфов в областях, где распашка средних элементов склонов непрерывно дает материал для делювиальных сносов в область шлейфа. Но там сообщество автотрофно питающихся растений принуждено постепенно отходить на задний план, вследствие беспрерывно идущего процесса относительного и абсолютного обеднения среды питательными веществами. Эта разница наблюдается, несмотря на то, что влажность в области делювиальных шлейфов количественно представлена не меньше, чем на зернистой пойме, и что как тут, так и там почвенные воды совершенно неподвижны, благодаря ярко выраженным волосным свойствам среды.

Вследствие изобилия и равномерного постоянства притока, а следовательно, и постоянства присутствия элементов пищи растений в окисленной минеральной форме и несмотря на при-

сутствие большого количества органического вещества, также богатого зольными элементами пищи растений, количества, достигающего той же величины, как и в черноземах, и колеблющегося от 7 до 20% для разных участков поймы, развитие микотрофно питающихся плотнокустовых злаков и микотрофных осок и таких же трав других семейств, полукустарников и кустарников, в частности бича лугов — ив, совершенно подавлено роскошным развитием автотрофно питающихся злаков. При этом *на зернистой пойме представлены исключительно представители их корневищевой группы*, так как группа рыхлокустовых злаков не была бы в состоянии достаточно быстро следовать за ежегодным повышением уровня почвы и занимать новую поверхность луга сомкнутым растительным покровом, исключающим возможность занятия ее другими растениями.

В анализе условий генезиса и эволюции зернистой поймы и из разбора условий питательного режима растительного сообщества, покрывающего эти угодия, мы с ясной определенностью видим яркое подтверждение высказанного нами ранее основного положения, выведенного из анализа условий развития дернового процесса, что

*причиной развития болот является не скопление застойной воды в почве, а неизбежно и прогрессивно развивающийся в самом процессе недостаток зольного питания растений луговой растительной формации.*

## ОСОБЕННОСТИ ФЛОРЫ ЛУГОВ ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

Те же условия, определяющие мощность развития сообществ корневищевых злаков зернистой поймы, определяют и отсутствие на той же территории других групп травянистых растений. Полностью отсутствует группа зеленых полупаразитов, которые успешно истребляются затенением сомкнутого травостоя первоклассного заливного луга зернистой поймы.

Вторая группа растений, отсутствующая всецело на зернистой пойме,— это бобовые. Количество азота, выделяющегося в форме азотно-известковой, азотно-натриевой и азотно-калиевой соли, при разложении органического вещества зернистой поймы, особенно апокрената окиси железа, так велико, что роль бобовых растений, как азотособирателей, в этой области сводится к нулю, и они вытесняются отсюда, благодаря затенению могучим развитием травостоя корневищевых злаков, не зависящих в своем развитии от присутствия бобовых.

Таким образом, после краткосрочного периода господства сообщества весенней эфемерной флоры зернистой поймы наступает почти безраздельное господство сообществ корневищевых злаков, к которым в виде *низовой травы* примешано незначительное количество автотрофно питающихся мелких осок и того же типа питания растений других семейств, например, звездчатки (Stellaria palustris Ehrh., S. graminea L.— пьяной травы, дающей при значительном содержании так называемое пьяное сено) и незначительное количество других. Эта последняя группа начинает играть более значительную роль в отаве после укоса, когда молодые побеги злаков, не достигающие крупных размеров их плодоносящих стеблей, не в состоянии подавить их развития и замаскировать их присутствия.

В сельскохозяйственном отношении главным периодом развития заливного луга является период развития плодоносящих стеблей корневищевых злаков, когда травостой его достигает настолько полной сомкнутости, что нижние части стеблей представляются этиолированными и нижние листья часто отмирают. Высота травостоя достигает иногда полутораметрового роста.

## ОЗЕРА ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

Несмотря на такое могучее развитие травянистого лугового покрова области центральной зернистой поймы, количество нитратов, выделяющееся при аэробном разложении органиче-

ского вещества почвы такого луга, настолько велико, что растительность не в состоянии использовать их полностью. Поэтому мы всегда встречаем значительное количество азотно-натриевой соли в озерах, нередко встречающихся в средней части области тальвега поймы. Эти озера происходят чаще всего вследствие загромождения русла тальвега материалом песчаных кос, которые, в свою очередь, образуются как результат загромождения русла реки во время половодия ледяными заторами, или *торосами*. Вследствие затора русла вода разлива проникает вместе с плывущим льдом в область центральной поймы через дюнные заграждения реки, которые при этом иногда прорываются, и материал их наносится струей резлива на поверхность центральной поймы в виде песчаных кос. Часто в этих случаях льдины, несущиеся в струе прорвавшейся воды половодия, проводят глубокие борозды в рыхлой зернистой почве поймы — *выпахивают борозды*. Те же льдины, осевшие в периферической части центральной поймы, тают на месте и отлагают иногда большие массы мусора и земли из обвалов крутых террас реки. На этих скоплениях материала, постороннего области центральной поймы, появляется специфическая растительность, бросающаяся в глаза, как островки среди ровного зеленого моря злаков зернистой поймы.

Вода озер области тальвега зернистой поймы, кроме азотно-натриевой соли, всегда содержит значительное количество хлористого натрия и серно-натриевой соли, происхождение которых из аэробно разлагающегося органического вещества почвы зернистой поймы достаточно ясно. Количество солей в воде этих озер бывает настолько значительно, что она приобретает ясно выраженный соленый вкус, и на берегах озер развивается характерное сообщество северных соленосных почв, и даже появляются выцветы гипса и кремневой кислоты, происхождение которых то же, что и других солей этих озер.

Под влиянием того же избытка азотной пищи выделяется еще одна особенность злакового покрова зернистой поймы. Корне-

вищевые злаки развивают подавляющее количество вегетативных органов — листьев и неплодущих стеблей. Органы же их плодоношения бывают подавлены в своем развитии, и не только развиваются в относительно небольшом числе, но и каждая метелка или колос злаков зернистой поймы несет обыкновенно ничтожное количество развитых плодов, и большинство цветков образует так называемый *пустоцвет*.

## ЗЛАКИ ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

Флора автотрофных злаков зернистой поймы, как ясно вытекает из анализа процесса отложения этих аллювиальных наносов, должна обладать одним ясно выраженным признаком— способностью в короткое время развивать корневища самой разнообразной длины, так как и толщина ежегодно отлагающегося осадка может из года в год варьировать в самых широких пределах. Поэтому количество представителей злаков — постоянных обитателей зернистой поймы — очень невелико и ограничивается количеством не более десяти.

Припоминая то, что было нами выведено относительно водного и питательного режима той же области зернистой поймы, мы должны признать, что эти условия отличаются своим высоким положительным выражением. Совершенно ясно, что при неизбежной борьбе за обладание территорией победитель должен обладать каким-нибудь резко выраженным преимуществом или, вернее, способностью быстрого развития тех своих качеств или свойств, которые в данный момент могут дать ему преимущество над соперником, так как последний, развиваясь на той же территории, будет находиться в одинаково благоприятных условиях питания, водного и теплового режима. Также очевидно, что ввиду одинаковости высоких качеств жизненной среды группа качеств или свойств, могущих дать перевес той или иной стороне, должна лежать в области биологических особенностей, а не в разряде экологических свойств.

К числу таких биологических особенностей, которые дают группе автотрофных злаков зернистой поймы преимущество над другими растениями, принадлежит комплекс свойств, совокупность которых определяет собою способность этой группы образовывать чистые сообщества.

## ОСНОВНОЙ ПРИЗНАК ЗЛАКОВ ЗЕРНИСТОЙ ПОЙМЫ

К числу свойств, в наиболее сильной степени определяющих способность растительного вида к образованию чистых сообществ, принадлежит возможность образования им возможно большего количества семян. Но как раз условия избыточного азотного питания в области зернистой поймы противоречат, как мы видели выше, возможности осуществления этого свойства. Вследствие такого специфического условия питательного режима зернистой поймы, группа корневищевых злаков, ее обитающих, должна обладать рядом других свойств, могущих парализовать вредную для них невозможность осуществления основного способа борьбы за территорию.

Самый важный следующий признак — это способность образовывать длинные корневища, которые способствуют быстрому и полному использованию питательных веществ и, следовательно, лишению их противника и обеспечивают дальнейшую возможность развить обильную вегетативную массу, подавляющую противника при посредстве затенения его.

И все без исключения злаки зернистой поймы представлены резко выраженными корневищевыми видами, к каким принадлежат: пырей (Agropyrum repens P. Beauv.), полевица (Agrostis alba L.), луговой лисохвост (Alopecurus pratensis L.), водяной пырей (Beckmania eruciformis Host.), овсяница луговая (Festuca pratensis Huds.), канареечник (Phalaris arundinacea L.) и мятлик луговой (Poa pratensis L.). При этом надо помнить, что все виды представлены формами, специфически присущими

зернистой пойме, у которых корневища приобретают особенно сильное развитие.

Другой признак, отличающий виды и формы злаков поймы,— это способность их корневищ образовывать из своих узлов кущения не по одному побегу, который в дальнейшем кустится из нового, на нем развивающегося узла кущения, а по целому пучку побегов, состоящему из 7—10 экземпляров. Побеги расходятся из одного центра под острыми углами и из них вновь развиваются из новых узлов кущения новые побеги, так что получается впечатление рыхлокустового злака, кусты которого связаны между собою корневищами, как мы это видим у лисохвоста лугового (Alopecurus pratensis L.) и лугового мятлика (Poa pratensis L.). Следствием такого развития является чрезвычайно сильное и широкое затенение почвы вокруг каждого нового очага распространения этих трав и подавление развития всех посторонних растений, попавших в область затенения.

Такое же значение имеет развитие часто очень большого количества чрезвычайно длинных, вертикально стоящих неплодущих побегов, образующих на недлинных, но многочисленных междоузлиях массу широких и коротких листьев, число которых доходит до двадцати. Такие побеги образует обыкновенно заливная форма пырея (Agropyrum repens P. Beauv.).

К признакам, помогающим распространению, принадлежит и чрезвычайная сыпучесть плодов некоторых видов, к каким принадлежит лисохвост луговой (Alopecurus pratensis L.) и канареечник (Phalaris arundinacea L.), у которых от малейшего ветра или толчка — у первого широко разносятся, у второго широко рассыпаются зрелые плоды.

Наконец, у растений, плоды которых снабжены длинными волосками, как у лугового мятлика (Poa pratensis L.), и плоды которых, спутавшись волосками и ими же прикрепившись к шероховатым веточкам метелки, осыпаются и разносятся лишь с большим трудом, развита специальная особенность,

позволяющая им складывать зрелые плоды в сконцентрированные очаги вблизи материнского куста и тем способствовать завоеванию территории при помощи новых очагов, среди которых из большого числа плодов, наверное, найдется некоторое количество способных к дальнейшему развитию. Особенность этого вида заключается в том, что наиболее молодые части второго и третьего междоузлия всякого стебля его, расположенные непосредственно над первым и вторым узлом, сохраняют до периода созревания семян способность к делению клеток, и в период созревания плодов начинается усиленный вставочный (интеркалярный) рост в длину оснований второго и третьего междоузлия, при недостаточном развитии в толщину, вследствие затенения густым травостоем. Благодаря этому, спелые стебли полегают, и метелки с плодами прибиваются дождями к почве.

Такой же особенностью развития обладают и многие сорные злаки, как, например, метла или пух (Apera spica, venti Pal. Beauv.), плевел льняной (Lolium remotum Schrank), костер полевой (Bromus arvensis L.) и многие другие. Эти сорняки часто увлекают за собою при своем полегании растения озимой пшеницы, льна и озимой ржи, несмотря на то, что стояние культурных растений настолько изрежено, что не возбуждало никаких опасений за возможность их полегания.

Но основным признаком, определяющим у рассматриваемой группы способность успешной борьбы за обладание пространством поймы, является их чрезвычайная побегопроизводительная способность, считая в том числе и способность этих злаков развивать длинные корневища, которые, являясь магазинами запасных питательных веществ и органами равномерного распределения корневой системы по завоеванной территории, играют наиболее существенную роль в деле обеспечения прочности их господства. Иллюстрацией важности этой группы признаков для корневищевых злаков зернистой поймы является тот ярко выраженный вред, который приносит заливным лу-

гам зернистой поймы неумеренная или несвоевременная пастьба на них скота.

Под влиянием даже умеренной пастьбы в сухое время, вскоре после укоса, когда вытаптывание не может отразиться очень вредно на состоянии поверхности почвы, травостой следующего за пастбищным годом резко изменяется к худшему.

Корневищевые злаки оказываются сильно подавленными в своем развитии, и появляется большое количество двулетних и однолетних сорных трав. В первом году появляются: клоп (Polygonum lapatifolium L., P. persicaria L.), лебеда (Atripiex hortense L., A. patulum L.), марь (Chenopodium album L.), щирица (Amaranthus retroflexus L.); на следующий год появляются зонтичные: дудники (Angelica pratensis M. B.), борщевик (Heracleum spondilium L.), болиголов (Conium maculatum L.). Только после нескольких лет борьбы луг справляется с сорными пришельцами, и ковер корневищевых злаков восстанавливается.

В еще большей степени отражается вред пастьбы в том случае, когда среди пасущихся животных много свиней, которые с чрезвычайной жадностью взрывают мягкую зернистую почву поймы в поисках корневищ пырея, до которых они чрезвычайно лакомы. После такой пастьбы корневищевые злаки почти совсем исчезают, и после года господства однолетнего сора корневищевые злаки безвозвратно заменяются двулетними бурьянами: вышеперечисленными зонтичными, двулетними сложноцветными — видами родов: Cirsium, Carduus, Onopordon, Echinops, и заливной луг без вмешательства человека не в состоянии вновь заселить утраченную территорию прежней флорой корневищевых злаков.

Особенно развитой способностью к образованию чистых сообществ из вышеперечисленных корневищевых злаков зернистой поймы обладает пырей (Agropyrum repens P. Beauv.), особенно распространенный на заливных лугах с зернистой

почвой в юго-западной Сибири, и восточносибирский вострец (Agropyrum pseudoagropyrum Franchet), который образует плодоносящие побеги лишь в исключительных случаях.

В равной степени обладает той же способностью и луговой лисохвост, которому эту способность ставят в упрек при разведении искусственных лугов, так как он быстро овладевает территорией и вытесняет другие злаки. Но так как он предъявляет очень высокие требования к влажности почвы, то даже при незначительном недостатке увлажнения урожай искусственного луга подвергается резкому падению. Такое свойство лисохвоста, посеянного искусственно выделенными семенами, является, повидимому, результатом применения так называемого массового отбора племенного материала на почвах, приближающихся по своим свойствам к полевым. В результате многолетнего повторения такого отбора многообразие свойств отдельных рас и линий, составляющих естественный сложный вид, нарушается, и выживает и размножается на семена лишь комплекс рас, предъявляющий узкие требования к своим жизненным условиям. На естественных же заливных лугах не часто приходится наблюдать сильные колебания урожая в зависимости от колебания величины наличности жизненных условий.

На востоке европейской части СССР, а равно и в азиатской части СССР, луговой лисохвост часто замещается лисохвостом русским (Alopecurus ventricosus Pers.), способность которого образовывать чистые сообщества выражена в еще большей степени.

Далее в этом ряде стоит водяной пырей (Beckmania eruciformis Host.), получающий все большее значение по мере движения с запада на восток. Наконец, на последнем месте стоит в этом отношении присущая зернистой пойме разновидность белой полевицы (Agrostis alba L.), которую можно назвать гигантской. Луговой мятлик на заливных лугах зернистой поймы всегда играет роль низовой травы. Овсяница луговая, чаще всего представленная здесь формой Festuca arundinacea

Schreb., всегда является вкрапленной в общую массу травостоя настоящих корневищевых злаков, так как она обладает очень короткими корневищами, и зрелые плоды ее совсем не отличаются сыпучестью.

Если ко всему сказанному мы прибавим, что почти все злаки зернистой поймы представляют безупречный во всех отношениях кормовой материал, и если припомним, что луга зернистой поймы дают наибольший урожай по сравнению со всеми остальными луговыми угодиями, что урожай этот, кроме того, отличается изумительным постоянством из года в год и чрезвычайной выравненностью по всей поверхности, занимаемой зернистой поймой, что луга эти не требуют никакого ухода и совершенно не подвергаются ухудшению своих качеств со временем и что неизбежное на суходольных лугах явление заболотевания луга здесь вполне исключено, то станет понятным, почему заливные луга зернистой поймы расцениваются в сельскохозяйственной практике как высшего качества первоклассные луга, а если и распахиваются, то только под большими городами, исключительно под огороды, так как по своему водному, термическому и питательному режиму зернистая пойма отвечает наиболее высоким требованиям самых прихотливых огородных растений.



*ГЛАВА ВОСЕМНАДЦАТАЯ*

# СЛОИСТАЯ ПОЙМА

## ВЛИЯНИЕ ОТСУТСТВИЯ ЛЕСНОГО ПОКРОВА НА РАЗЛИВЫ РЕК

Когда бассейн реки в значительной степени утрачивает свой лесной покров, то под влиянием этого явления весеннее таяние незатененного пологом древесной растительности снега приобретает значительную быстроту. К этой стремительности очищения бассейна реки от снежного покрова присоединяется еще несколько явлений. Частью вследствие краткости периода таяния снега, а главным образом вследствие отсутствия влияния древесной растительности частичного оттаивания почвы до времени полного исчезновения снега не происходит. Равно отсутствует и нисходящий ток воды в почве, непокрытой лесом. По этим причинам развитие делювиальных потоков весенней воды происходит очень бурно. Делювиальные потоки развиваются в течение очень малых промежутков времени и чрезвычайно скоро достигают своего максимального выражения. Стремительность делювиальных потоков в областях, лишенных леса, обусловливается еще и отсутствием мертвого лесного покрова, влагоемкость которого и чисто механическое сопротивление передвижению воды по поверхности почвы чрезвычайно велики. Поэтому снеговая вода в безлесной области сбегает с поверхности почвы очень быстро. В случае же ранней, дружной весны, когда

таяние снега заканчивается при еще замерзшей почве, это сбегание воды с поверхности безлесного бассейна реки совершается и очень полно.

Очевидно, что прямым следствием такой быстроты и полноты стекания снеговой воды с поверхности бассейна будет и резко выраженная короткость периода поступления делювиальной воды в область речной долины. Другим следствием разобранных явлений будет то, что два такта подъема уровня воды в реке, о которых мы говорили в предыдущей главе, в безлесной области обыкновенно бывают разделены более продолжительным периодом понижения уровня воды.

Стремительность нарастания силы делювиальных потоков влечет за собой, как неизбежное следствие, не менее стремительный подъем воды в русле реки. В результате совокупного влияния этих явлений русло реки не только в пределах меженных своих берегов, но даже в пределах дюнных заграждений не может пропустить притекающей массы воды в соответствии с величиной ее притока.

Явление чрезвычайно быстрого нарастания подъема воды в русле реки развивается с еще большей стремительностью на тех участках или *плесах* реки, которые лежат непосредственно выше впадения в реку больших притоков с обширным бассейном. В этом случае русло реки ниже впадения ее притока бывает уже заполнено большой массой воды, притекающей из притока.

Заполнение русла реки особенно велико в том случае, когда приток течет на север, а следовательно, бассейн его расположен южнее бассейна части главной реки, расположенной выше впадения притока В этом случае часто наблюдается явление, что волна разлива движется против течения главной реки. Так как русло реки ниже впадения притока не может достаточно быстро провести все количество притекающей воды, то образуется подпор ее, и избыток воды направляется вверх против течения главной реки.

## ЗАТОПЛЕНИЕ ВСЕХ ОБЛАСТЕЙ БУГРИСТЫХ ПЕСКОВ В ПОЙМЕ

Под влиянием всех этих причин вода разлива сначала проникает на участки поймы через устье притеррасной речки или, в случае ее отсутствия, через низшее по течению реки место прирусловых дюн, где и абсолютная высота бечевника представляет наименьшую величину на каждом участке поймы и где относительная высота дюнных заграждений реки также достигает своего наименьшего выражения. Размещение массы воды по участкам поймы задерживает стремительность подъема воды лишь на короткий срок, и по заполнении участков поймы высота воды вновь начинает прибывать в русле реки и на залитых участках поймы, и скоро уровень разлива поднимается так высоко, что вода заливает и вершины прирусловых дюн. При этом остаются вне воды лишь отдельные высокие холмы в области наибольшего скопления песков и участки дюн, расположенные против обрывов подмываемой террасы противоположного берега.

Совершенно понятно, что после покрытия водой разлива дюнных заграждений реки *устанавливается течение по всей залитой долине реки между ее коренными берегами.* При этом обыкновенно устанавливается на большинстве участков поймы три стремени: *одно главное* по меженному руслу реки и *два второстепенных* — по тальвегу поймы, где глубина разлива достигает своего второго максимума, и по длине области притеррасной поймы и притеррасной речки. Следовательно, по всей долине реки в большей части ее течения устанавливаются три фарватера, один с наибольшей скоростью течения и глубиной воды и два с меньшей глубиной воды и с меньшей скоростью течения.

Припоминая условия отложения аллювиальных осадков, изученные нами в предыдущей главе, мы должны придти к выводу, что отложение в настоящих условиях глинистых минеральных и органических осадков, характерных для зернистой

поймы, неосуществимо даже в областях поймы, над поверхностью которых происходит наиболее медленное течение, т. е.

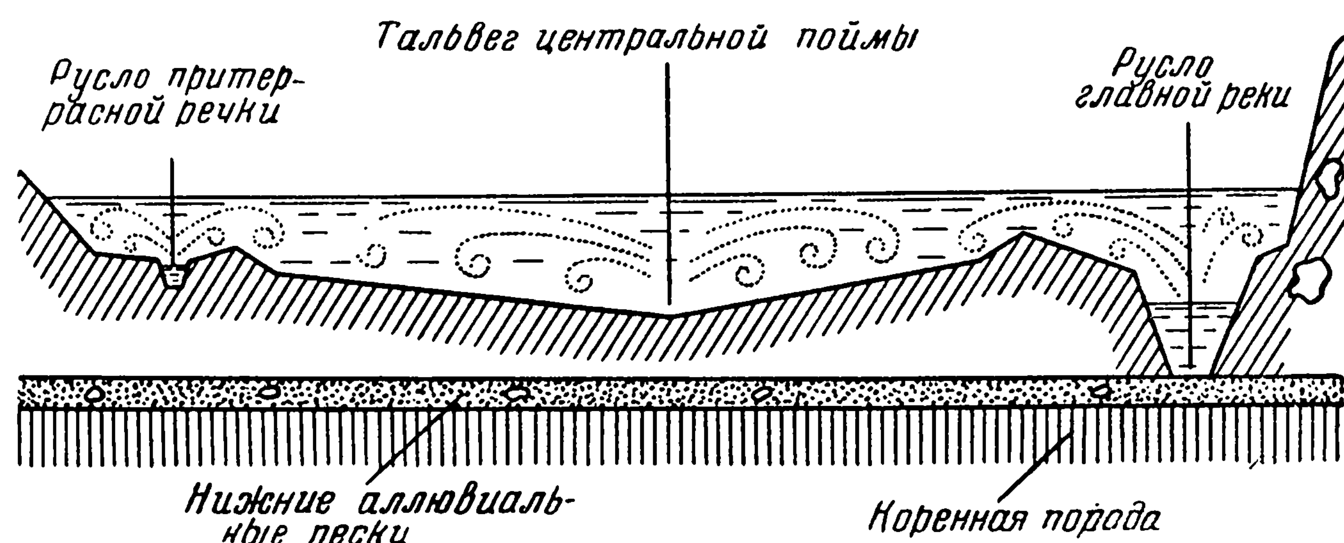



Рис. 11. Схема развития [вертикальных] вихревых токов в главном и второстепенных течениях реки при образовании слоистой поймы.

в притеррасной области каждого участка поймы и в областях, лежащих между руслом реки, по которому направляется главное стремя реки, и тальвегами поймы, по которым направляется

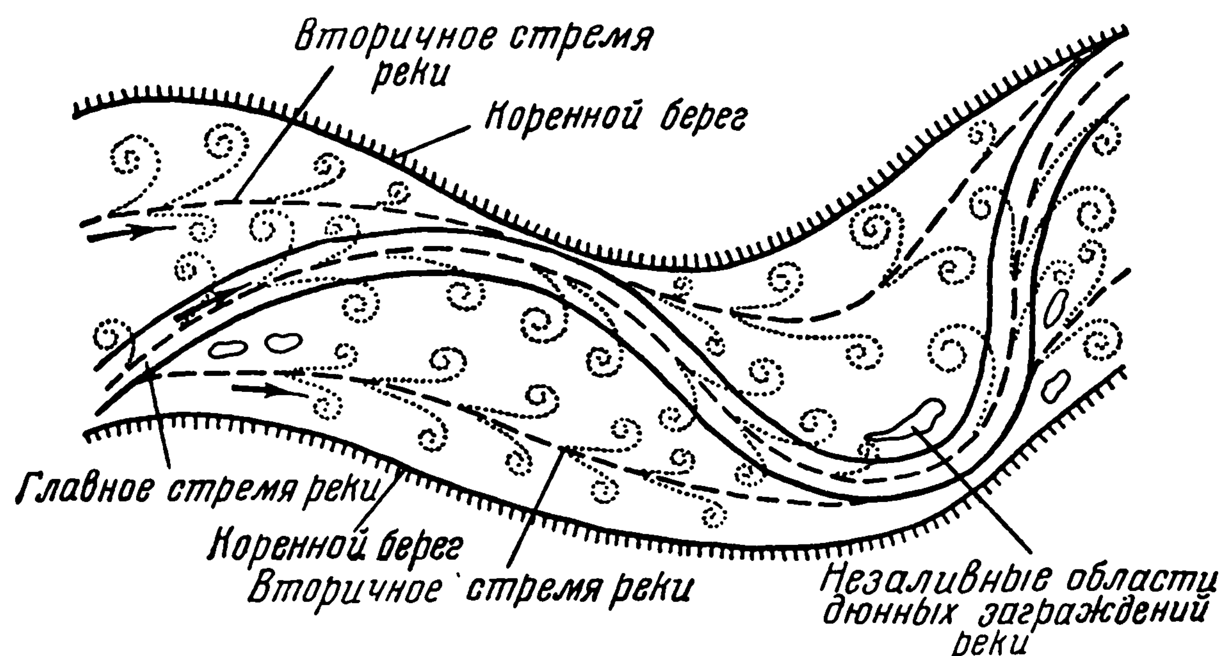



Рис. 12. Схема развития [горизонтальных] вихревых токов в главном и второстепенных течениях реки при образовании слоистой поймы.

второстепенное стремя каждого участка поймы. Но зато в этих областях *тихой воды* осуществляются условия для отложения *песчаных и пылеватых осадков*. Количество осадков беспрерывно

растет вследствие нанесения их вторичными вихревыми токами воды, образующимися вследствие разницы быстрот течения в главном и второстепенном стремени реки и в участках разлива между ними или между второстепенным стременем и террасой (см. рис. 11 и 12).

## ОТЛОЖЕНИЕ ОСАДКОВ СЛОИСТОЙ ПОЙМЫ

При таких условиях движения воды половодия взмученные вещества и весь обломочный материал, который несет река, подвергается весьма детальной сортировке. Наиболее крупный материал — валуны, камни, хрящ и песок не покидают русла реки, передвигаясь в нем или перекатыванием по дну, или во взмученном состоянии, так как даже для песка область бечевника является непреодолимым препятствием вследствие замедления в ней быстроты течения струи, которое заставляет весь песок оседать на полосе бечевника.

Таким образом, в область центральной поймы могут проникнуть лишь механические элементы, остающиеся во взмученном состоянии продолжительное время, и механические анализы почв такой поймы показывают, что на нее наносятся преимущественно элементы пылей — песчаной (0,25—0,05 мм), крупной (0,05—0,01 мм) и средней (0,01—0,005 мм).

Постоянное присутствие ничтожного количества мелкого песка (0,5—0,25 мм) легко находит себе объяснение в процессе развевания ветрами поймы песка с дюнных заграждений и из области наибольшего скопления песков.

Область притеррасной поймы большей частью бывает защищена от наноса пылеватых элементов, по крайней мере, крупных их фракций, так как воды разлива, прежде чем попасть в эту область, должны пройти область притеррасных дюн, где происходит отложение более крупных фракций пыли.

Тальвег поймы всегда является областью развития во время разлива второстепенного стремени, быстрота течения кото-

рого всегда больше той, которая наблюдается в предшествующей ему области наибольшего скопления песков, где меньшая средняя глубина и всхолмленность дна составляют чрезвычайные препятствия для развития сосредоточенной струи стремени. В силу этого главный тальвег поймы всегда бывает свободен от аллювиальных наносов и в нем развиты лишь эоловые наносы с прилегающих более повышенных элементов поймы.

## ГРИВЫ СЛОИСТОЙ ПОЙМЫ

Но как и в комплексе областей русла и бечевника, так и в области тальвега беспрерывно рождаются вихревые токи воды, проникающие из него в области притеррасной и прирусловой частей центральной поймы, постепенно повышающихся по мере удаления от линии тальвега. Поэтому по тем же причинам, как и на бечевнике, происходит отложение пылеватых элементов в области центральной поймы приблизительно параллельно линии тальвега.

Эти осадки образуют так называемые *гривы* — элементы рельефа слоистой поймы, всегда на ней присутствующие и представляющие гряды пылеватого материала, нагроможденного приблизительно параллельно тальвегу поймы.

Вода разлива, оставив часть взвешенного в ней материала в первой гриве, при значительной ширине поймы может вновь встретить такие же условия для образования второго, третьего и т. д. рядов грив.

Подобные же условия создаются и в части центральной поймы, прилегающей к прирусловым дюнам, в которую устремляется вода вторичными вихревыми струями, после того как она, перелившись через гряды дюнных заграждений, очистилась от более крупного песчаного материала. Поэтому за областью прирусловых дюн и приблизительно параллельно руслу реки обособляются гряды пылеватого материала в виде таких же, как и раньше, грив.

## СТАРИЦЫ И ЗАТОНЫ

Так как направление грив этих двух порядков, т. е. отложившихся из стремени тальвега поймы и из стремени главного русла, лишь в редких случаях оказывается параллельным, то при достаточном развитии их в длину две гряды грив могут слиться в своих нижних по течению реки частях и образовать таким образом замкнутую удлиненную котловину, обыкновенно неглубокую. Вследствие мелкозернистости материала, складывающего гривы, и присутствия прослоек органического вещества, о которых мы будем говорить ниже, проницаемость дна этих котловин может быть очень мала, и в них в течение круглого года сохраняется вода разлива, обновляющаяся вместе с своей фауной при ежегодном повторении разлива. Такие удлиненные озера, тянущиеся часто километрами приблизительно параллельно руслу реки и тальвегу поймы, носят название *стариц*, *старых русел* и *старых рек*.

В тех случаях, когда второстепенная струя разлива промывает себе русло среди понижений бугристых песков области наибольшего скопления их, и когда поэтому старица сохраняет и в меженное время сообщение с руслом реки, она носит название *заводи*, *затона*, или *слепого рукава реки*.

## БЛУЖДАНИЕ РУСЛА РЕКИ ПО СЛОИСТОЙ ПОЙМЕ

При прорыве же стрелки, соединяющей две гривы, образующие берега слепого рукава, вода разлива, в случае загромождения русла реки ледяным затором, может глубоко промыть тальвег поймы и образовать *второстепенное русло* реки. Второстепенное русло часто, как более короткое и, следовательно, имеющее большой уклон, может развиться в новое главное русло, а прежнее главное русло может быть постепенно завеяно песками из области их максимального скопления и обратиться в *настоящую* старицу в верхней части своего бывшего течения и в затон или заводь в нижней части его.

Эта особенность — *блуждание русла реки* по своей пойме проявляется очень часто и является существенным признаком *слоистой* поймы.

Совершенно ясно, что тончайшие глинистые элементы, как минерального, так и органического происхождения, не могут отлагаться в области поймы до тех пор, пока в ней существует хотя бы ничтожное течение воды. Эти вещества уносятся дальше, чтобы осесть в стоячей воде низовьев больших рек, или уносятся в море и, сбившись в нем в хлопья под влиянием солей морской воды, принимают участие в образовании *дельт* в устьях рек.

## ПОГРЕБЕННАЯ ЗЕРНИСТАЯ ПОЙМА

В начале настоящей главы мы высказали положение, что причиной характера весенних разливов рек, отлагающих слоистую пойму, является утрата бассейном реки своего лесного покрова. Прежнее существование лесного покрова вытекает, как логическая необходимость, из анализа, развитого нами при обсуждении вопроса о почвенном возрасте страны и о генетической связи между отдельными ныне резко разграниченными зонами. По нашим воззрениям разграниченными почвенными зонами представлены лишь отдельные стадии развития одного общего для всей поверхности земли почвообразовательного процесса — отдельные статические моменты одного общего динамического процесса, совершающегося в грандиозном масштабе четверти дуги меридиана и в не менее колоссальном промежутке времени современной геологической эпохи, начало которой сливается с концом предшествовавшего ледникового периода.

Если этот высказанный нами взгляд справедлив и если верны наши выводы о причинах отложения слоистой поймы в случае отсутствия леса, то, сопоставляя эти положения, мы должны придти к логически неизбежному выводу, что слоистая

пойма, как образование, обусловленное обстоятельствами в генетическом порядке последующими, неминуемо должна погребать своими отложениями образования зернистой поймы, как обусловленные обстоятельствами более ранними, непосредственно предшествовавшими первым в том же генетическом порядке. И действительно, *во всех случаях, где реки в настоящее время откладывают слоистую пойму, она всюду и всегда подстилается погребенной зернистой поймой, залегающей непосредственно на нижних валунных песках.*

## ПОГРЕБЕННЫЕ ДРЕВЕСНЫЕ ОСТАТКИ ПОЙМЫ

Зернистая пойма всегда заключает в себе остатки, часто в виде целых лежащих стволов, ряда деревьев, когда-то росших в бассейне реки — сосны, дуба, березы, ели, лиственницы, ольхи, липы, бука, граба. В слоистой же пойме мы находим погребенные стволы только сосны, ольхи и ивы, современных обитателей береговых бугристых песков поймы и притеррасного болота.

Сказанное относится не только к рекам европейской части СССР — Волге, Оке, Дону, Днепру и другим, но и к рекам Сибири — Иртышу, Оби, Амуру и к рекам среднеазиатских ССР — Сыр-Дарье, Аму-Дарье, Мургабу и т. д.

Здесь же уместно упомянуть, что в зернистой пойме рек европейской части СССР и Сибири, как очень обыкновенное явление, находятся остатки мамонта (Elephas primigenius Blumb.), первобытного быка (Bos primigenius Boj.), носорога (Rhinoceros tichorhinus Fisch.) и оленя (Cervus elaphus Lin.), равно как и изобильное количество орудий, утвари и других следов человека каменного века, в то время как остатки перечисленных четвероногих не встречаются в слоистой пойме, также не известны нам и случаи нахождения в ней следов человека каменного века.

* * *

## СЛОИСТОСТЬ СЛОИСТОЙ ПОЙМЫ

Очень характерным признаком слоистой поймы является свойство, благодаря которому она получила свое название,— ее слоистое сложение. В разрезе почвы слоистой поймы мы сразу отличаем беспорядочное чередование слоев двух типов. Во-первых, слоев, в которых в пределах мощности каждого слоя не замечается никакой дифференцировки частиц по их крупности, подобной той, какую мы видим в делювиальных отложениях, в которых каждый слой сложен снизу из наиболее крупных элементов, чрезвычайно постепенно переходящих в тончайшие элементы верхних частей каждого слоя. Наоборот, слои слоистой поймы, о которых идет речь, сложены во всей своей толще из совершенно однородного по крупности материала. Эти слои, резко отграничиваясь друг от друга, от времени до времени сменяются слоями с перекрещивающимся несогласным напластованием мелких прослоек, характерных для местных эоловых отложений.

Происхождение этих двух типов слоев очевидно: первые слои, не показывающие признаков дифференцировки элементов по их крупности, представляют слои пылеватых частиц, отложенных потоками весеннего разлива реки, вторые, с несогласным напластованием пропластков,— это продукт перевевания первых отложений и дюнных песков. Мощность отдельных слоев, образующих всю свиту пластов слоистой поймы, чрезвычайно разнообразна, начиная от нескольких миллиметров и кончая 10—20 см.

Отлагаемые текущей водой весеннего разлива реки осадки состоят из преобладающего или, вернее, подавляющего количества кварцевой или преимущественно кремнеземной пыли, к которой примешано часто значительное количество *органических остатков, не потерявших еще своего клеточного строения.*

Благодаря однородной мелкости отлагающихся пылеватых элементов, все без исключения промежутки между ними

представляются волосными. Хотя волосность всей массы осадка значительна, а следовательно, волосное передвижение воды в ней совершается медленно, но ей не присуща ни в какой степени способность к изменению своего объема при изменении влажности всей массы осадка.

В силу этих обстоятельств живые элементы дернового растительного покрова после спада воды оказываются погребенными более или менее мощным слоем совершенно влажного и непроницаемого для воздуха осадка, состоящего почти исключительно из кремнезема, к которому примешано некоторое количество органических остатков, лежащих в ясно выраженных анаэробных условиях.

Очевидно, что в этих условиях побеги погребенной растительности при наступлении благоприятной температуры должны будут пробивать слой осадка исключительно под влиянием явления отрицательного геотропизма. Здесь совершенно отсутствует явление хемотаксиса, являющееся ярко выраженным стимулом для развития побегов в направлении притока кислорода и богатого раствора питательных веществ, диффундирующих из поверхностной области бурного аэробного разложения органического вещества в отложениях зернистой поймы.

Позеленение слоистой поймы идет гораздо более медленным темпом, чем в условиях зернистой поймы. Причины этого замедления лежат отчасти в только что разобранном явлении отсутствия хемотаксиса, но главным образом вследствие далеко не совершенных условий зольного и азотного питания, вследствие которых вновь развивающиеся побеги должны пользоваться услугами исключительно корневой системы, образовавшейся в погребенном горизонте, и запасами, отложенными в корневищах и корнях, так как в новом слое, пропитанном водою, еще господствуют условия анаэробиозиса, а равным образом вследствие значительного сопротивления, которое представляет плотный мокрый слой пылеватого осадка. Этой медленности в значительной мере способствует и медленность

согревания почвы слоистой поймы вследствие усиленного испарения воды из бесструктурной массы пыли, которая днем с поверхности высыхает, а ночью вновь увлажняется под влиянием волосной подачи воды из нижних горизонтов.

## ГРИВЫ И ЛОГА. ЛУГА ВЫСОКОГО, СРЕДНЕГО И НИЗКОГО УРОВНЯ

Под влиянием разобранной медленности весеннего возобновления сплошного растительного покрова на поверхности слоистой поймы, мелкий пылеватый осадок наилка долгое время находится в полном распоряжении ветров поймы. Так как условия здесь не отличаются по существу от таких же условий области прирусловых дюн, то тот же денной бриз перевевает пылеватые осадки поймы, вздувает их на вершины грив и в еще большей мере подчеркивает резкость выражения волнистого рельефа такой поймы.

Под влиянием этих весенних условий окончательно устанавливается один из характерных признаков *слоистой поймы — ее волнистый рельеф, сложенный из приблизительно параллельно расположенных грив и углублений — логов*, разница высот которых может достигать величины до 4 м. На этих элементах рельефа образуются так называемые *заливные луга высокого уровня и заливные луга низкого уровня.*

## УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИЗНАКА СЛОИСТОСТИ

Признак слоистости пойменных отложений этого порядка является признаком очень устойчивым во времени и сохраняется в самых глубоких горизонтах. Причина этой устойчивости лежит отчасти в том, что от времени до времени аллювиальные слои прерываются слоями эоловых отложений. Слои эоловых отложений резко выделяются среди аллювиальных, благодаря бросающейся в глаза несогласованности напластования отдельных групп прослоек, совокупность которых образует

отдельные слои местных эоловых отложений. Но главной причиной прочности закрепления морфологического признака слоистости является существование в верхнем горизонте всякого слоя очень резко выраженного скопления органического вещества, которое своим темным цветом представляет резкий контраст светлой окраски нижнего горизонта вышележащего пласта.

Мы видели, что при условиях отложения слоистой поймы на поверхности ее оседает преобладающая масса кварцевой и мелкой кремнеземной пыли с примесью органических остатков. Слои пыли совсем не содержат неволосных промежутков. Поэтому после спада воды весь комплекс слоев, составляющих пойму, насквозь пропитан сплошной массой воды, не оставляющей места для воздуха. Как только спадает вода разлива и начинается испарение воды с поверхности поймы, так тотчас устанавливается медленный, но непреодолимый в своей устойчивости восходящий волосный ток воды, который беспрерывно поддерживает заполненность всех промежутков почвы водой. Таким образом, погребенные мертвые остатки растительности прошлого года являются плотно прижатыми тяжелым слоем пыли, заполняющей все промежутки между ними, и получается резкая граница без всякого перехода от тонкого прослойка органических остатков к более толстому слою пылеватых элементов.

Резкость границы упорно сохраняется, во-первых, потому, что органическое вещество остается беспрерывно в ярко выраженных условиях анаэробиозиса, ибо до тех пор, пока поверхностный слой не высохнет настолько, что в нем уже не будут осуществляться аэробные процессы, задерживающие кислород в верхних слоях, до тех пор условия анаэробиозиса не будут нарушены. Условия же подобной интенсивности высыхания верхнего горизонта осуществимы лишь на вершинах грив, где мы наблюдаем неизбежно связанное с этим явлением выгорание всей той растительности, которая не обладает настолько

глубокой корневой системой, чтобы не зависеть в своем развитии от состояния влажности верхнего горизонта почвы. Благодаря этой главной причине, резко очерченные слои органических остатков сохраняются по всей пойме, кроме вершин грив.

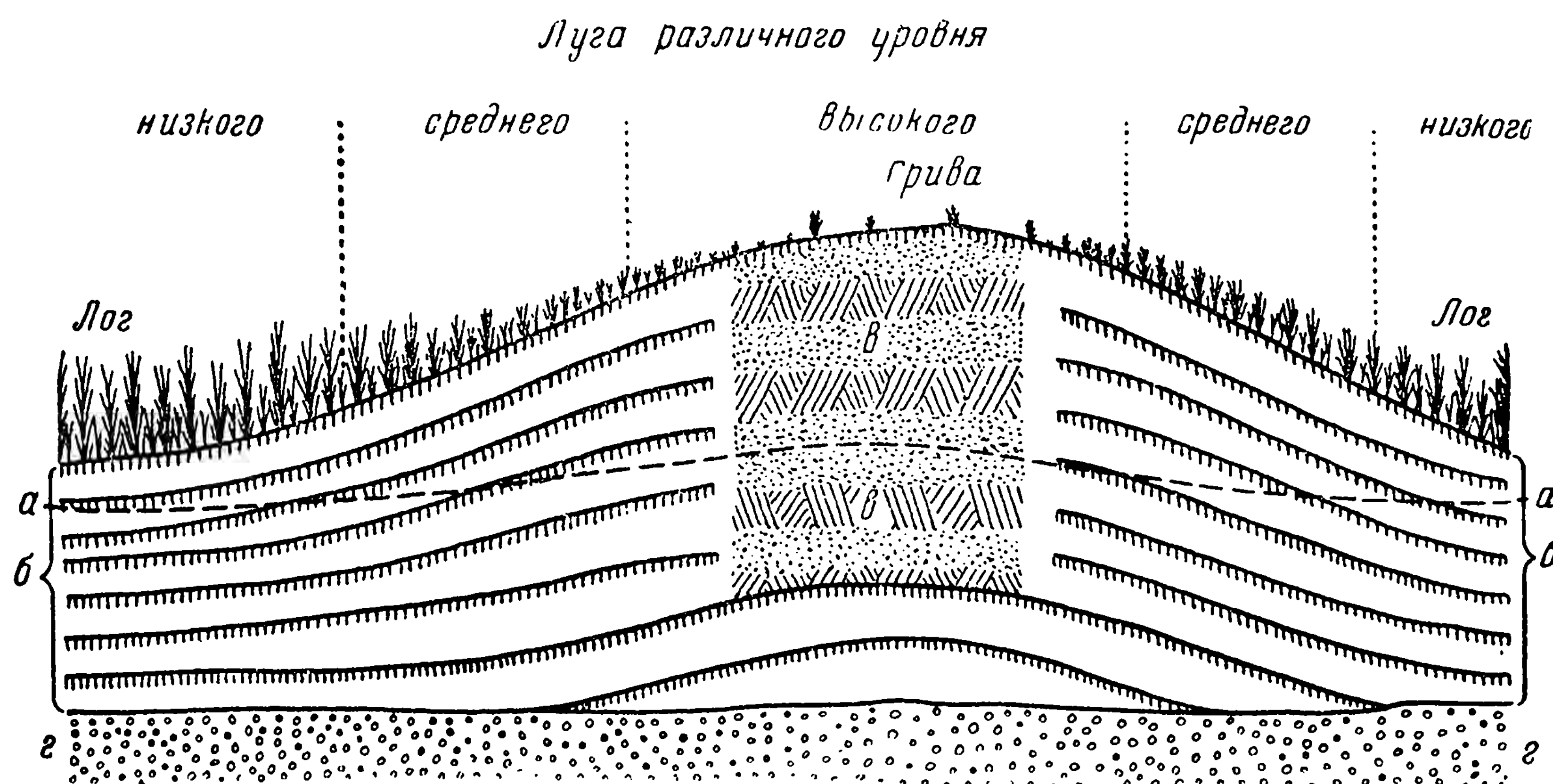



Рис. 13. Схема разреза слоистой поймы.

*а* —уровень почвенно-грунтовой воды; *б* — слоистые аллювиальные наносы; *в* — перевеянные аллювиальные наносы; *г* — погребенная зернистая пойма.

Вторая причина, определяющая собою как сохранение резкости границы слоев органического вещества, так и незначительность их толщины и слабую выраженность переходного горизонта от них к горизонтам с почти исключительным преобладанием минеральных элементов, заключается в полном отсутствии в ежегодно отлагающихся слоях почвы зольных элементов пищи растений в форме иной, чем органические остатки, так как все минеральные соли без остатка вымываются колоссальным количеством текущей воды весеннего разлива, органические же остатки лишь в самых верхних слоях располагаются в условиях аэробного разложения. Ясно, что побеги корневищевых автотрофно питающихся растений (составляющих по преимуществу

дерн таких лугов), пронизывающие новый слой пылеватой почвы, при своем вынужденном переселении и в ее верхний горизонт, не имеют никакого стимула для развития в этом бесплодном слое каких бы то ни было органов. По этой причине слой дерна, ежегодно развивающийся на поверхности таких лугов, никогда не отличается значительной толщиной и обыкновенно бывает резко ограничен сверху, и сливается снизу с основной массой пыли при посредстве очень неглубоко выраженного переходного горизонта (см. рис. 13).

## ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ СЛОИСТОЙ ПОЙМЫ

Из предыдущего изложения с ясностью вытекает, что как режим зольного и азотного питания, так и водный режим слоистой поймы будут чрезвычайно резко отличаться от тех же условий на пойме зернистой. Минеральный субстрат, отлагаемый водой разлива реки в этих условиях, отличается абсолютной бедностью элементами пищи растений; он представляет почти исключительно порошок кварца и кремневой кислоты, и только иногда к этой основной массе примешивается незначительное количество слюды. Приток зольных элементов питания растений к этой центральной области поймы крайне мал; он ограничивается лишь тем количеством их, которое может быть доставлено из области грунтовой воды путем ее волосного поднятия или путем проникновения корней растений в эту область. Но в дальнейшем мы увидим, что здесь можно говорить лишь об ясно выраженном обогащении пониженных элементов поймы за счет ее положительных элементов, увеличение же абсолютного запаса зольных элементов из этого источника в пойме равнинных рек едва ли можно считать большим.

В силу таких обстоятельств надо считать почти единственным источником питательных веществ в почве слоистой поймы то небольшое количество органического вещества, которое откладывается вместе с пылеватыми элементами водою разлива,

а также то его количество, которое погребено аллювиальным наносом и которое было отложено на месте своего образования в прошлом вегетационном периоде растительностью слоистой поймы в поверхностном горизонте аллювиального наноса прошлого года.

Мы уже видели, что вследствие особенностей волосного водного режима почв слоистой поймы в глубине их слагаются условия анаэробиозиса. Если же мы вспомним, что поверхность слоистой поймы представляется волнистою, а также то, что хотя волосное движение воды в пылеватых почвах и отличается медленностью и высотою, но эти особенности не достигают того максимума своего выражения, которое присуще почвам глинистым, то станет понятным, что как водный, так и питательный режимы различных элементов рельефа поверхности слоистой поймы должны представлять значительные различия.

### ВОДНЫЙ РЕЖИМ СЛОИСТОЙ ПОЙМЫ

Хотя уровень почвенной воды в общем и следует за изменением рельефа поверхности почвы, оставаясь приблизительно параллельным ей, но степень этого приближения различна для различных почв и зависит как от частоты выпадения осадков, так и от свойств почвы. Ясно, что в случае частого выпадения осадков ток почвенной воды, стремящейся от повышенных элементов рельефа к его понижениям, будет часто возобновляться притоком нового количества атмосферной воды. Вследствие же медленности движения воды в сыпучей среде, этот приток воды будет все время стремиться поддерживать параллельность между уровнем почвенной воды и поверхностью почвы. С другой стороны, чем резче выражены волосные свойства почвы, тем медленнее будет тот же нисходящий ток воды, и тем выше будет волосный подъем воды снизу из горизонта грунтовых вод.

В настоящем случае волосные свойства пылеватой почвы хотя и выражены в значительной степени, но не достигают своего наибольшего выражения вследствие односторонности

механического состава, определяемой полным отсутствием как глинистых, так и песчаных элементов. Вместе с тем, хотя разница абсолютных высот положительных и отрицательных элементов слоистой поймы и не достигает такого значительного выражения, как на внепойменной области, но эти различные элементы расположены в горизонтальном направлении гораздо теснее, и высоты грив быстро сменяются низинами логов.

Вследствие всей комбинации этих условий, амплитуды колебаний высот почвенной воды в области слоистой поймы хотя и представляют в общих чертах повторение тех же колебаний поверхности почвы, но в гораздо меньшей степени выражения и верхняя поверхность горизонта почвенных вод сравнительно мало отличается от горизонтальной.

Это свойство почвенных вод является общим для всех почв однородного механического состава. И чем крупнее механические элементы, слагающие почву или породу, тем меньше отличается поверхность уровня почвенных вод от горизонтальной.

В условиях слоистой поймы влияние разницы амплитуд высот стояния уровня почвенной воды и поверхности почвы в еще большей степени подчеркивается существованием в этих почвах прослоек органического вещества, последовательно накапливаемого каждым поколением растительного покрова поймы в верхнем горизонте каждого аллювиального слоя и также систематически погребаемого ежегодными отложениями весеннего разлива. Это органическое вещество, сдавленное вышележащими минеральными слоями, находится в большей части поймы в анаэробных условиях разложения, долго сохраняется и вследствие своей огромной влагоемкости является чрезвычайным препятствием для вертикального передвижения воды как вниз, так и вверх. Поэтому вода атмосферных осадков и вода половодия, проникая в массу почвы слоистой поймы, приобретает преимущественное направление своего движения не вниз, а по уклону слоев почвы, ближайших к ее дневной поверхности. Очевидно, что, благодаря этим условиям, приток поверхностной

воды к питаемому ею горизонту почвенной воды будет резко различен в переменных условиях рельефа слоистой поймы. Он будет почти отсутствовать на положительных элементах рельефа и в значительной мере выражен на отрицательных, благодаря притоку очень большой доли почвенной воды с грив. Ясно, что оба эти явления будут влиять в смысле стремления к выравнению верхней поверхности уровня почвенной воды в слоистой пойме и к приближению ее к горизонтальной поверхности.

Как прямое следствие всего вышесказанного, вытекает резкая разница глубины залегания уровня почвенной воды на гривах и в логах слоистой поймы. Она понижается до 4 м в области грив и поднимается до 30—50 см в области логов.

Понятно, что вследствие такой значительной разницы уровней горизонт почвенной воды в области грив будет совсем недоступен для корней травянистой растительности, а ток ее в верхних слоях почвы вследствие эфемерности своего существования не может играть большой роли в водном режиме этой растительности. Наоборот, в области логов в распоряжении той же травянистой растительности будет находиться неограниченный запас почвенной воды, причем горизонт последней сливается с горизонтом грунтовой воды, чем определяется высокая степень устойчивости его уровня.

Эти особенности водного режима различных элементов рельефа слоистой поймы и дали основание видному исследователю русских лугов профессору А. М. Дмитриеву выделить три категории лугов слоистой поймы — *луга высокого, низкого и среднего уровня*, причем очевидно, что луга последней категории приурочены к элементам склонов грив.

## РАЗНИЦА ПИТАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СЛОИСТОЙ ПОЙМЫ

Резкая разница водного режима различных элементов рельефа слоистой поймы приводит к наименее резким различиям в питательном режиме одевающего их растительного покрова.

Эти различия водного и питательного режима, вместе взятые, приводят к обособлению совершенно отличных растительных сообществ, занимающих эти элементы слоистой поймы.

Очевидно, что быстрое исчезновение почвенной воды из поверхностных горизонтов почвы вершин грив должно неминуемо повлечь за собою последующее проникновение в них кислорода воздуха, но глубина его проникновения вследствие мелкости промежутков почвы будет незначительна. При таких условиях незначительное количество органических остатков растительности луга, которая не могла развить большой массы вследствие недостатка воды, будет быстро разлагаться под влиянием аэробного процесса, и продукты этого разложения — элементы зольного и азотного питания растений будут каждым дождем выщелачиваться по направлению к области логов поймы.

## ФЛОРА ЛУГОВ ВЫСОКОГО УРОВНЯ

Но органические остатки, отложенные разливом реки вместе с минеральными элементами, будут быстро разлагаться только в поверхностных горизонтах отложенного разливом слоя, более же глубокие вместе со скудными остатками прошлогодней растительности будут сохраняться под влиянием затрудненности доступа к ним кислорода.

В таких условиях злаки автотрофного типа питания не найдут благоприятных условий развития и будут страдать как от недостатка и перерывов питания, так и от недостатка воды, тем более что у этой группы растений приспособления для регуляции испарения воды развиты очень несовершенно.

Растительность эфемеров также не может найти здесь подходящих условий: семена однолетних эфемеров будут ежегодно уноситься потоком воды половодия, а те, которые избегнут этой участи, будут занесены сразу толстым слоем наноса, через который ростки их не будут в состоянии пробиться вследствие неблагоприятных условий для прорастания под тол-

стым покровом плотного наноса. Многолетние эфемеры также принуждены будут затратить много времени для того, чтобы пробить себе путь через свежий нанос, так как они будут развиваться медленно вследствие медленности согревания почвы, о котором мы уже говорили выше, а к тому времени, как почва согреется и они пробьют себе путь к свету, влага, а с нею и элементы зольной и азотной пищи уже исчезнут из области их достижения.

Угнетенность развития корневищевых злаков, главным образом, пырея (Agropyrum repens P. Beauv.), представленного обыкновенно очень жалкими экземплярами, дает стимул для развития зеленых полупаразитов, из которых чаще всего здесь развиваются: погремок (Rhinanthus minor Ehrh.), виды очанки (Euphrasia), и Odontites serotina Rchb.

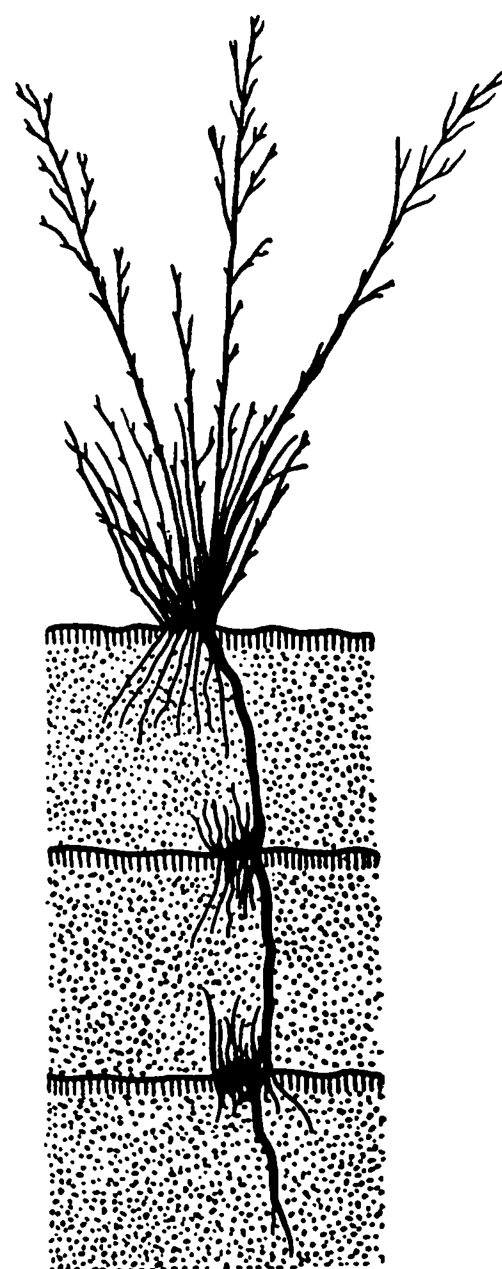


Рис. 14. Возобновление куста Festuca ovina L. посредством ложных корневищ при последовательном погребении его отложениями слоистой поймы.

Но главным и наиболее устойчивым членом растительного сообщества являются растения микотрофного типа питания, основывающие свое питание на разложении органических остатков, отложившихся из воды разлива, и погребенных органов предыдущего поколения растительности, сохраняемых анаэробными условиями от быстрой минерализации их элементов. Представителем такой травянистой растительности является овечья овсяница (Festuca ovina L.), причем разновидность ее, присущая рассматриваемой области, обладает способностью ежегодно весной образовывать вертикально развивающиеся, так называемые ложные корневища, при помощи

которых куст овсяницы переселяется в верхний горизонт вновь нанесенной почвы, где быстро образует новый куст; старый же прошлогодний куст целиком отмирает и прежние кусты, сохраняющиеся в анаэробных условиях почвы слоистой поймы, образуют при выкапывании плотные массы волокнистого органического вещества, связанные между собою четкообразно своими отмершими ложными корневищами (см. рис. 14). Кусты овечьей овсяницы обладают ярко выраженным свойством приспособления к случайностям непостоянного водного режима места своего обитания, благодаря их листьям, сложенным пополам и могущим почти совершенно прекращать испарение из устьиц, расположенных только на верхней (внутренней) стороне листа; при наступлении же условий благоприятной влажности почвы половинки листа приоткрываются, и испарение воды через устьице совершается беспрепятственно.

Овечья овсяница в условиях вершин грив слоистой поймы никогда не образует сомкнутого дерна и травостоя, и обыкновенно промежутки между кустами ее бывают заполнены вышеупомянутым пыреем и зелеными полупаразитами, отчасти же корневищевыми растениями: тысячелистником (Achillea millefolium L.) и пижмой (Chrysantbemum vulgare Bernh).

Кроме этих травянистых растений, постоянными членами растительного сообщества вершин грив слоистой поймы являются деревянистые растения, представленные кустами ивняка, которые, как микотрофно питающиеся растения с широко развитой системой подземных стеблей и корней, находят изобильное питание своим рассеянным кустам в органических остатках, погребенных в почве.

Под защитой кустов ив всегда развиваются многолетние бобовые — мышиный горошек (Vicia cracca L.) и луговая чина (Lathyrus pratensis L.). Все это корневищевые растения, способные быстро переселяться во вновь наносимые слои почвы.

## ЛЕСА И ДУБРАВЫ СЛОИСТОЙ ПОЙМЫ

Часто встречаются такие участки поймы, на которых ледоход не достигает значительного развития, главным образом, вследствие сильного развития области наибольшего скопления бугристых песков поймы, образующих своими вершинами часто несколько рядов островов во время весеннего разлива и заставляющих массу *сплошного ледохода* пройти главным руслом реки.

Если на таких участках поймы нет пастбища скота, то они покрываются по вершинам грив настоящим лесным сообществом, состоящим из ив (Salix fragilis L., S. alba L., S. daphnoides Vill.), тополей — простого (Populus balsamifera L.), осокоря (P. nigra L.) и особенно серебристого (P. alba L.), с отдельно вкрапленными березами (Betula pubescens Fhrh), кленами (Acer platanoides L., A. tataricum L., A. campestre L.), липою (Tilia cordata Mill.), вязами (Ulmus pedunculata Fougeroux).

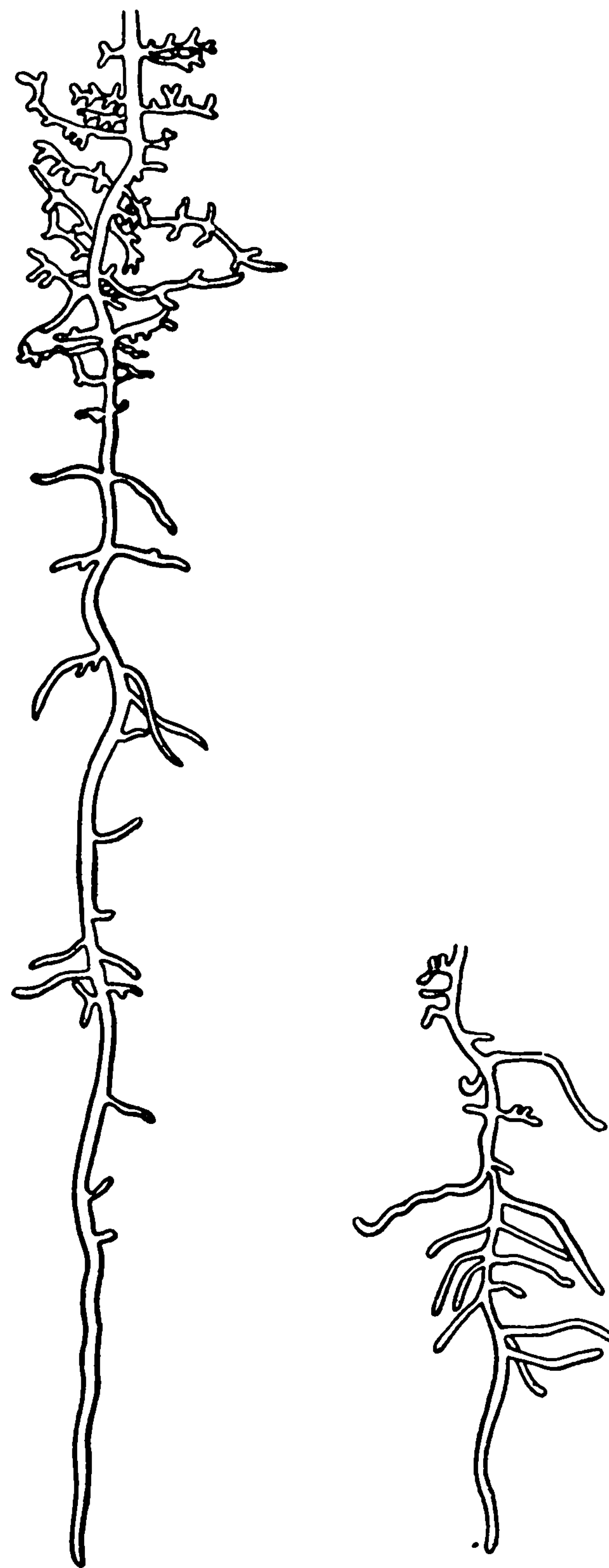


Рис. 15. Корешки дуба (Quercus robur L.), покрытые сплошной оболочкой мицелия микоризы. По Lebensgeschichte d. Blütenpflanzen Mitteleuropas Lief. 18.S.108.

Под пологом этих лесов обыкновенно развивается пышная корневищевая травянистая растительность, черпающая свое зольное питание из продуктов распада лесной подстилки и обеспеченная азотом благодаря обильному развитию бобо-

вых — лесных чин (Lathyrus vernus Bernh., L. silvestris L., и L. tuberosus L.) и вик (Vicia silvatica L. и V. cracca L.).

Водный же режим всего сообщества складывается отчасти из грунтовой воды, до которой достигают глубокие корни деревьев, отчасти особенностями водного режима, создаваемого влиянием как самого лесного сообщества, так и лесной подстилки.

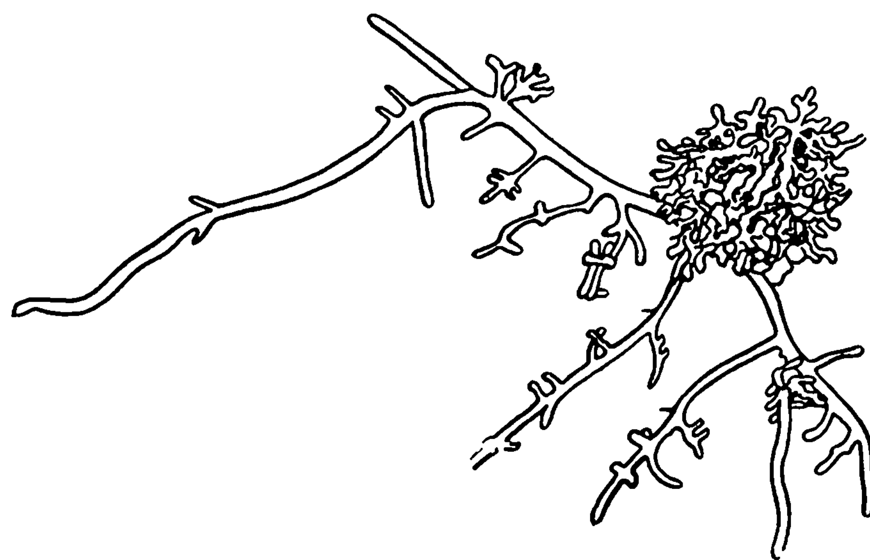


Рис. 16. Растущие корешки дуба (Quercus robur L.), еще не облеченные оболочкой мицелия микоризы на более старых участках корня. По Lebensgeschichte d. Blütenpflanzen Mitteleuropas. Lief. 18. S. 108

В случаях, когда рельеф области наибольшего скопления песков не отличается бугристостью, на них иногда развиваются чистым сообществом микотрофные деревянистые (см. рис. 15 и 16) в виде светлых дубрав, состоящих из широко рассеянных дубов (Quercus robur L.), без примеси других пород и подлеска. Травянистый покров этих дубрав почти нацело состоит из корневищевых и рыхлокустовых злаков. Среди последних типичными для этих сообществ является келерия (Koeleria gracilis Pers., изредка K. grandis Bess.) и степная тимофеевка (Phleum Boehmeri Wib.). Очень характерной является гвоздика (Diantus superbus L.).

## РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЛУГОВ СРЕДНЕГО УРОВНЯ

Травянистая растительность слоистой поймы по мере удаления от вершин грив и приближения к логам будет находить все лучшие условия водного режима. А вместе с ним благодаря притоку продуктов аэробного разложения органических остатков с вышележащих элементов рельефа будут улучшаться и питательные свойства среды.

Мы уже говорили о затрудненности нисходящего и восходящего токов воды в слоистой пойме и о существовании благодаря этому поверхностного или, вернее, ряда поверхностных параллельно текущих горизонтов почвенной воды, которая в области лога сливается с горизонтом грунтовой воды. Это разделение потока почвенной воды на несколько горизонтов вследствие трудной проницаемости прослоек мертвых органических остатков настолько резко выражено, что из стенки ямы, вырытой на склоне гривы, вскоре после спада воды, почвенная вода, текущая параллельно уклону поверхности гривы, сочится отдельными струями из каждого слоя, причем нижний горизонт каждого слоя, не связанный остатками корней, постепенно выплывает вместе с водой, что составляет большое затруднение при взятии так называемых монолитных образцов почвы.

## БОБОВЫЕ ЛУГОВ СРЕДНЕГО УРОВНЯ

Понятно, что скудная растительность вершины, или *горба* гривы может доставить лишь скудное питание флоре склона, и в числе других элементов питания резко скажется недостаток азотной пищи. Поэтому развитие всех растений лугов среднего уровня было бы сильно подавлено без помощи азотсобирающих бобовых растений, которые здесь не встречают конкуренции, так как злаки в своем развитии целиком зависят от них. Поэтому бобовые размножаются здесь до степени резко выраженного массового преобладания.

Наиболее типичным представителем бобовых растений на слоистой пойме среднего уровня является песчаная люцерна (Medicago falcata L.) и именно ее разновидность с чрезвычайно развитыми корневищами и очень высоким ростом надземных частей. Несколько более подчиненное место занимает разновидность луговой чины (Lathyrus pratensis L.) с сильным развитием корневищ как в вертикальном, так и в широко горизонтальном направлении и с высокими надземными стеблями. Эти два растения являются настолько преобладающими, что сообщают лугам среднего уровня слоистой поймы характерный желтый цвет и как бы курчавость всей поверхности.

Не менее типическими, но представленными обыкновенно в меньшем количестве, являются бобовые кустарники — дрок (Genista tinctoria L.) и ракитник (Cytisus nigricans L. и C. biflorus L'Herit.) и на пойме восточносибирских рек Lespedeza bicolor Turcz. Не менее значительной степенью распространенности пользуются астрагал (Astragalus hypoglotis L.) и белый клевер (Trifolium repens L.), оба корневищевые растения. Из них первый располагается островами, а второй, благодаря своим ползучим надземным побегам, широко расползается по всей поверхности луга.

К часто встречающимся принадлежат две корневищевые вики (Vicia sepium L. и V. cracca L.), первая островами среди травостоя, вторая преимущественно в кустах ивы, которыми обыкновенно изобилует слоистая пойма.

Наконец, нередко встречаются и донники (Melilotus officinalis Desr., M. albus Desr. и M. dentatus Pers.).

### ЗЛАКИ ЛУГОВ СРЕДНЕГО УРОВНЯ

Злаки также представлены на слоистой пойме. Но так как микотрофно питающиеся злаки представлены преимущественно типом плотнокустовых злаков, не обладающих, за немногими исключениями, достаточно развитой способностью к образованию корневищ, то они не в состоянии в нужной степени при-

способиться к условию ежегодного наноса пылеватых элементов. Поэтому, а также и потому, что к лугам среднего уровня осуществляется приток минеральных форм зольной и азотной пищи с более высоких элементов рельефа, флора злаков лугов среднего уровня представлена преимущественно корневищевыми злаками, из которых главная роль по широте распространения принадлежит безостому костру (Bromus inermis Leysser).

Безостый костер на слоистой пойме представлен тремя основными формами: северной, южной и восточной.

Северная форма распространена, главным образом, на пойме северных рек и преимущественно по среднему течению Волги. Она отличается чрезвычайно густой и плотной сетью корневищ, дающих огромное количество неплодущих побегов, хорошо облиственных широкими листьями, но очень невысоких, чаще всего приподнимающихся и образующих плотный дерн, из которого, слегка приподнимаясь над общим уровнем травостоя, возвышаются невысокие приподнимающиеся цветоносные стебли, состоящие почти на половину длины из метелки. Общая высота стеблей не превышает 20—25 см и представляет впечатление сильно потравленного выгона, хотя особенности этой формы очень упорно сохраняются во многих поколениях, пересеваемых на иного рода угодиях и при самых разнообразных условиях. Эта форма имеет хозяйственное значение исключительно низовой пастбищной травы.

Вторая, более южная, форма в европейской части СССР приурочена к пойме нижнего течения Волги, Дона, Донца, Хопра, Днепра и других рек. Она же встречается в изобилии на пойме Дуная. У этой формы корневища не образуют густой сети, а раскинуты чрезвычайно широко и образуют преобладающую массу плодущих стеблей, увенчанных или оранжево-желтой небольшой сжатой яйцевидной метелкой (разновидность бассейна Волги) или коричневой, длинной и широкой развесистой метелкой (разновидность бассейна Дона, Днепра и Дуная,

почти исключительно встречающаяся на семенном рынке), причем у второй разновидности (Дон, Днепр, Дунай) плоды чрезвычайно рыхло сидят в пленках, и при обмолоте получается много голых «семян». Обе эти формы дают сравнительно небольшое относительное количество неплодущих побегов, и цветущие побеги их отличаются значительной высотой, достигая у второй разновидности вышины до 1,5 м, причем побеги эти отличаются значительной толщиной и грубостью и быстро деревенеют. Это свойство в особенно сильной степени присуще западной разновидности.

Третья форма, распространенная преимущественно в западной и южной Сибири, представляет такое же обильное и плотное развитие корневищ, как это наблюдается у первой формы, дает также поразительно обильное количество неплодущих стеблей. В отличие же от первой формы, эти стебли достигают значительной высоты (1 м) и облиствены густо сидящими узкими светлозелеными листьями. Плодущие стебли развиваются сравнительно редко и резко выделяются своей высотой над основной массой чрезвычайно густого травостоя.

Второе место на лугах среднего уровня слоистой поймы принадлежит красной овсянице (Festuca rubra L.) и преимущественно ее форме с длинным корневищем.

Не менее видную роль в растительных сообществах склонов грив слоистой поймы играют и два вида полевицы — полевица белая и обыкновенная (Agrostis alba L. и A. vulgaris With.), но первая далеко не достигает той степени развития, какую мы встречаем у гигантской формы зернистой поймы.

В восточной части европейской части СССР и в особенности в Сибири видную роль в рассматриваемых сообществах играет пырей (Agropyrum repens P. Beauv.).

Вышеперечисленные корневищевые злаки в изучаемой области часто бывают настолько хорошо представлены в количественном отношении, что достигают степени главного основного фона, в котором в форме отдельных островов или отдельных

кустов встречаются еще и луговой мятлик (Poa pratensis L.), главным образом, его узколистная разновидность — тонконог (Koeleria gracilis Pers.), овес желтеющий (Trisetum flawescens Pal. Beauv.), чаполоть (Hierochloë odorata Wahlb.) и луговая овсяница (Festuca pratensis Huds.), также резко отличающиеся скудостью своего развития от роскошных форм зернистой поймы.

Такая же роль отдельных включений принадлежит на востоке европейской части СССР и в южной Сибири двум представителям гребенчатых пыреев (Agropyrum cristatum Bess. и A. sibiricum Eichw.), формы которых в рассматриваемой области развивают довольно ясно выраженные корневища.

## РАЗНОТРАВИЕ ЛУГОВ СРЕДНЕГО УРОВНЯ

Два рассмотренных семейства растений, бобовые и злаки, представляют преобладающую группу членов растительных сообществ. Но на основе быстрого притока из области вершин грив минеральной пищи, которую злаки, вследствие медленности наступления оптимальной температуры их кушения, не могут с достаточной быстротой использовать, развивается новый член разбираемого растительного сообщества, составляющий часть группы, называемой на техническом языке луговодов *разнотравьем*. Эта группа представлена, главным образом, двумя семействами — зонтичными и гречишными.

Особенностью этих сорняков, помогающей их расселению по лугам слоистой поймы, является способность их сохранять на отживших стеблях спелые плоды до весны будущего года. Подгнившие за осеннее время стебли весной уносятся струей полой воды, и вместе с плодами задерживаются, запутываясь в ветвях кустов ивняка, постепенно завоевывая всю поверхность луга.

К числу зонтичных принадлежат двулетние виды родов синеголовника (Eryngium), борщевика (Heracleum) и дудника (Angelica).

Из гречишных особенное внимание обращают многолетние конские щавели (Rumex crispus L., R. confertus Willd., R. domesticus Hartm.) и другие, покрывающие часто сотни гектаров луга. Особенно помогает их расселению обычай оставлять их стебли нескошенными при косьбе, или, скосив, оставлять их стебли кучками на месте. Особенностью многолетних щавелей является способность их корневой шейки быстро развиваться весной вверх и притом ветвиться на многочисленные побеги, так что старый куст конского щавеля имеет часто корневую шейку диаметром до 30 см, выпускающую не менее десятка стеблей. Корневая шейка часто до глубины в 30—50 см сохраняет способность давать новые ветви после срезывания ее, чем в огромной мере затрудняется борьба с этими бичами заливных лугов.

## КУСТЫ ИВНЯКА НА ЛУГАХ СРЕДНЕГО УРОВНЯ

Наконец, третьим членом растительного сообщества лугов среднего уровня слоистой поймы является группа микотрофно питающихся многолетних растений, из которых наиболее часто и обильно представлены кусты ивняка и некоторые представители многолетнего разнотравия. Эта группа растений питается при посредстве разрушения микоризой как органического вещества погребенных остатков предыдущих поколений луговой растительности, так и органических остатков, нанесенных водой разлива.

Обязательное присутствие кустов ивняка представляет едва ли не самый характерный и постоянный отличительный признак лугов как среднего, так и низкого уровня. Из ив наиболее часто встречаются Salix triandra L., S. viminalis L., S. purpurea L.

## ЛУГА НИЗКОГО УРОВНЯ

Луга низкого уровня существенно не отличаются от лугов среднего уровня по характеру составных элементов раститель-

ных сообществ, их составляющих. Разница между ними выражается лишь в степени развития их травостоя и в ином количественном соотношении различных групп членов растительных сообществ.

Прежде всего, понятно, что приток элементов зольного и азотного питания из области склонов грив будет гораздо обильнее, чем на лугах среднего уровня, и особенно резко бросаются в глаза лучшие условия азотного питания, которые являются причиной значительно менее обильного развития группы бобовых растений и резко выраженного преобладания на лугах логов злаков и разнотравия.

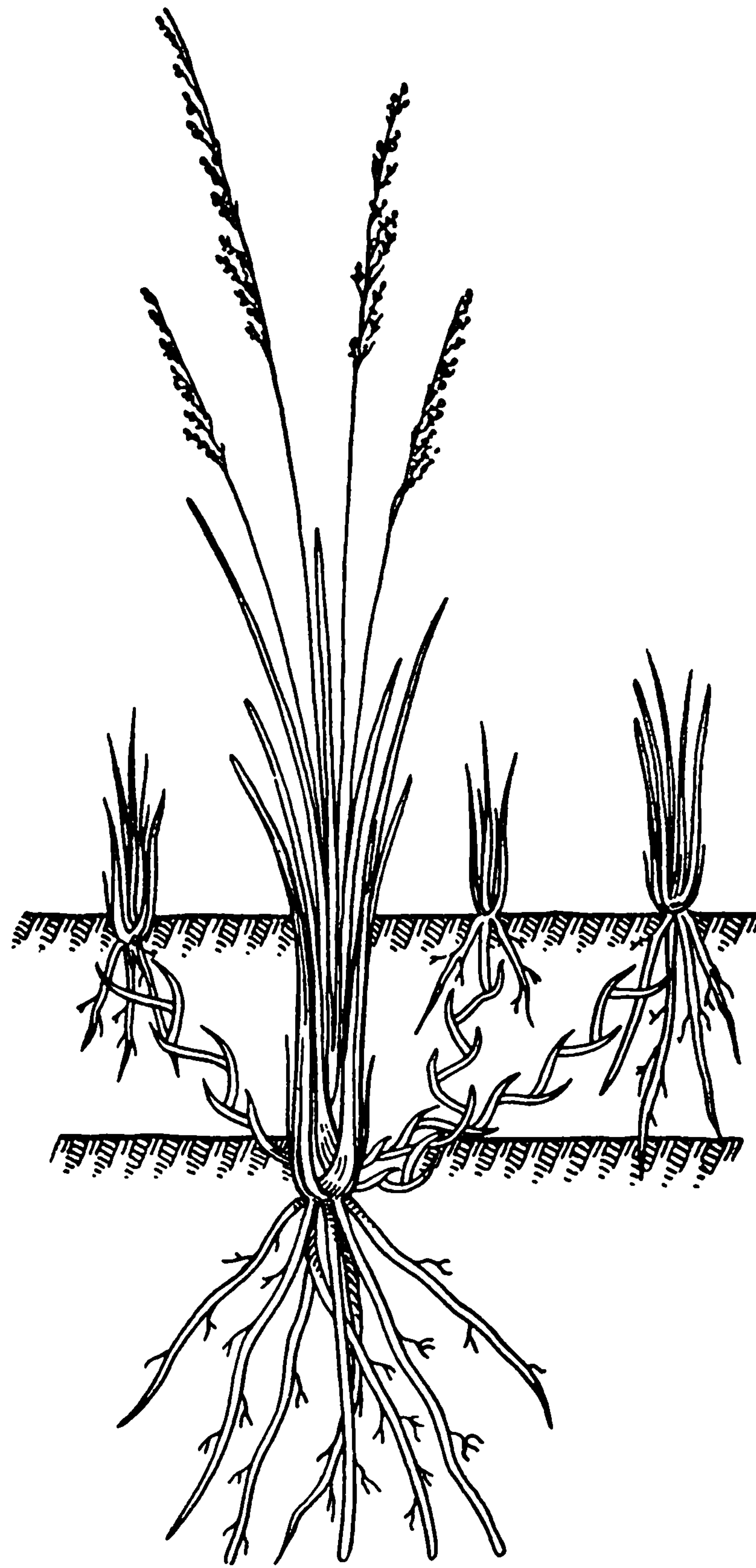


Рис. 17. Переселение куста Molinia coerulea Moench. при помощи ложных корневищ на поверхность вновь отложенного слоя песка.

Из бобовых большей частью совершенно отсутствует песчаная люцерна (Medicago falcata L.), реже встречается луговая чина (Lathyrus pratensis L.), почти отсутствуют белый клевер (Trifolium repens L.) и астрагал (Astragalus hypoglotis L.). Зато особенно сильно развивается мышиный горошек (Vicia cracca L. и V. sepium L.) и появляются вновь болотная и лесная чины (Lathyrus palustris L., L. silvestris L.). Четыре последних растения

большей частью приурочены к кустам ивняков, которые здесь часто достигают степени непролазных зарослей, особенно по берегам «стариц».

Ковер злаков получает в области лугов низкого уровня слоистой поймы гораздо большее развитие. Главными представителями злаков здесь являются костер безостый (Bromus inermis Leysser.), полевица белая (Agrostis alba L.), представленная здесь формой, мало уступающей форме зернистой поймы, пырей (Agropyrum repens P. Beauv.), заросли которого в юго-западной Сибири достигают иногда состояния чистых сообществ, развитых сплошь на сотнях гектаров и прерываемых лишь куртинами ивняков.

Такой же степени чистых сообществ достигает в пределах европейской части СССР канареечник (Phalaris arundinacea L.). В этой области часто попадаются заросли микотрофно питающегося плотнокустового злака (Molinia coerulea Moench.), который обладает той же способностью, как и овечья овсяница, образовывать канделяброобразные развивающиеся вверх тонкие ложные корневища, на концах которых вновь развиваются плотные кусты (см. рис. 17).

Все другие члены растительного сообщества лугов низкого уровня, если они представлены на лугу, достигают обыкновенно чрезвычайной роскоши и быстроты развития, и только таким образом они могут побороть такого сильного противника, как корневищевые злаки при наличных условиях их обильного питания. Поэтому мы встречаем обыкновенно лишь две крайности выражения типов сообществ лугов низкого уровня слоистой поймы.

Первый, так сказать, нормальный тип такого луга представлен растительным сообществом, состоящим из основного фона роскошно развитого травостоя злаков, иногда в состоянии почти чистых сообществ. В этот основной фон изредка вкраплены небольшими группами вышеперечисленные бобовые и некоторые многолетние растения из группы разнотравия, и местами

он прерывается куртинами ивняка с его постоянными спутниками: некоторыми видами семейства бобовых, конскими щавелями, крупными зонтичными и тысячелистником (Achillea ptarmica L.).

## НЕНОРМАЛЬНЫЙ ТИП ЛУГОВ НИЗКОГО УРОВНЯ

Другой тип, который можно назвать патологическим, всегда является следствием какой-либо причины, повлиявшей на ослабление энергии весеннего роста злаков.

Одна из причин — очень мощное отложение пылеватых наносов невысокого разлива, когда течение на вторичных тальвегах слоистой поймы, т. е. на понижениях между гривами, выражено лишь в слабой степени и когда, следовательно, в этой области откладывается главная масса взмученных в струе веществ, так как область грив в такие разливы совсем не подвергается заилению.

В этом случае погребенные толстым, трудно прогреваемым слоем осадка злаки принуждены долгое время пробивать себе путь через осадок, луг зеленеет поздно, и злаки развиваются слабо вследствие их истощения при вынужденной затрате всех запасных веществ корневищ на работу проникновения через толщу наноса.

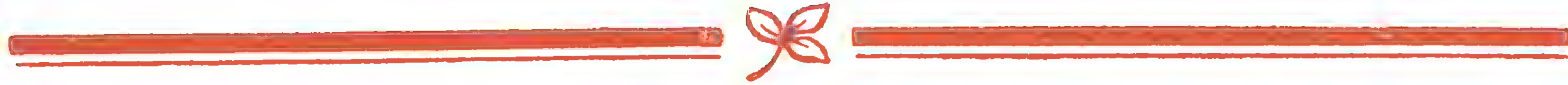
Этой задержкой пользуются плоды зонтичных и щавелей, разносимые ветром по гладкой поверхности осадка из очагов их распространения — куртин ивняков. Прикрытые слоем пылеватых элементов, перевеваемых ветрами, они быстро всходят, и к моменту появления побегов злаков успевают настолько развиться и окрепнуть, что ослабленные злаки не в состоянии заглушить их. Наоборот, щавели и зонтичные, и из последних чаще всего борщевик (Heracleum spondylium L.), своими широкими плотно прилегающими к земле розетками успешно очищают себе пространство в слабом и без того изреженном травостое злаков (нижний плёс Волги, Урал, Амур).

На следующий год зонтичные и щавели уже окончательно подавляют затенением своих широких листьев развитие еще не оправившихся злаков. Устанавливается окончательно второй тип луга низкого уровня слоистой поймы, выраженный подавляющим развитием или гигантских зонтичных или конских щавелей, среди общего фона которых злаки и другие представители сообщества этих лугов занимают совершенно второстепенное место как по количеству, так и по подавленности своего развития, благодаря затенению гигантской сорной растительности. Часто единственным представителем злаков на таких лугах является форма белой полевицы (Agrostis alba L., var prorepens) с длинными укореняющимися надземными побегами, совершенно не дающими укоса, а лишь скудное пастбище.

К подобным же результатам приводит и неумеренная пастьба скота на этих лугах.

Из предыдущего изложения вытекает, что луга слоистой поймы в хозяйственном отношении стоят ниже по ценности, чем луга зернистой поймы, и что в них на одном и том же участке поймы мы всегда можем отличить две категории лугов, в тех же случаях, когда гривы поймы ясно выражены, мы отличаем и три категории таких лугов. Категория лугов высокого уровня не всегда может быть отнесена к лугам, а скорее займет место среди выгонов.

Морфологические свойства и признаки почв слоистой поймы крайне просты. Они сложены всего одним горизонтом, признаки отдельных слоев которого были описаны выше. Глеевый горизонт в этих почвах совсем не выражен, благодаря отсутствию окраски их гидратом окиси железа.



*ГЛАВА ДЕВЯТНАДЦАТАЯ*

# ОБЛАСТЬ ПРИТЕРРАСНОЙ ПОЙМЫ

## ГРАНИЦА ПРИТЕРРАСНОЙ ПОЙМЫ

Непосредственно за пологим спуском с террасы коренного берега реки, составляющим прямое продолжение третьей трети склона к пойме реки, лежит *область притеррасной поймы*, или *притеррасной котловины*.

Рассматриваемая область чрезвычайно резко выделяется среди других элементов поймы, благодаря той обстановке жизни растительных сообществ, ее населяющих, которая слагается вследствие особенностей ее положения.

Самой существенно важной особенностью ее положения является то, что эта область лежит на границе внепойменных элементов рельефа страны, представляя собою непосредственное продолжение третьей трети склонов их, и всегда имеет своей границей пологий склон террасы коренного берега реки, вдоль которой она залегает полосой, постепенно расширяющейся по направлению вниз по течению реки. Со стороны, противоположной террасе, эта область ограничивается в своем высшем по течению реки конце бугристыми песками области наибольшего их скопления; далее следует полоса притеррасных дюн. В пределах этих границ притеррасная область представляет как бы котловину, вытянутую вдоль коренного берега реки. Наконец, в самой нижней по течению реки части, за пределом распро-

странения притеррасных дюн, область притеррасной поймы сразу значительно расширяется и постепенно, без резких естественных границ, сливается с областью центральной поймы,

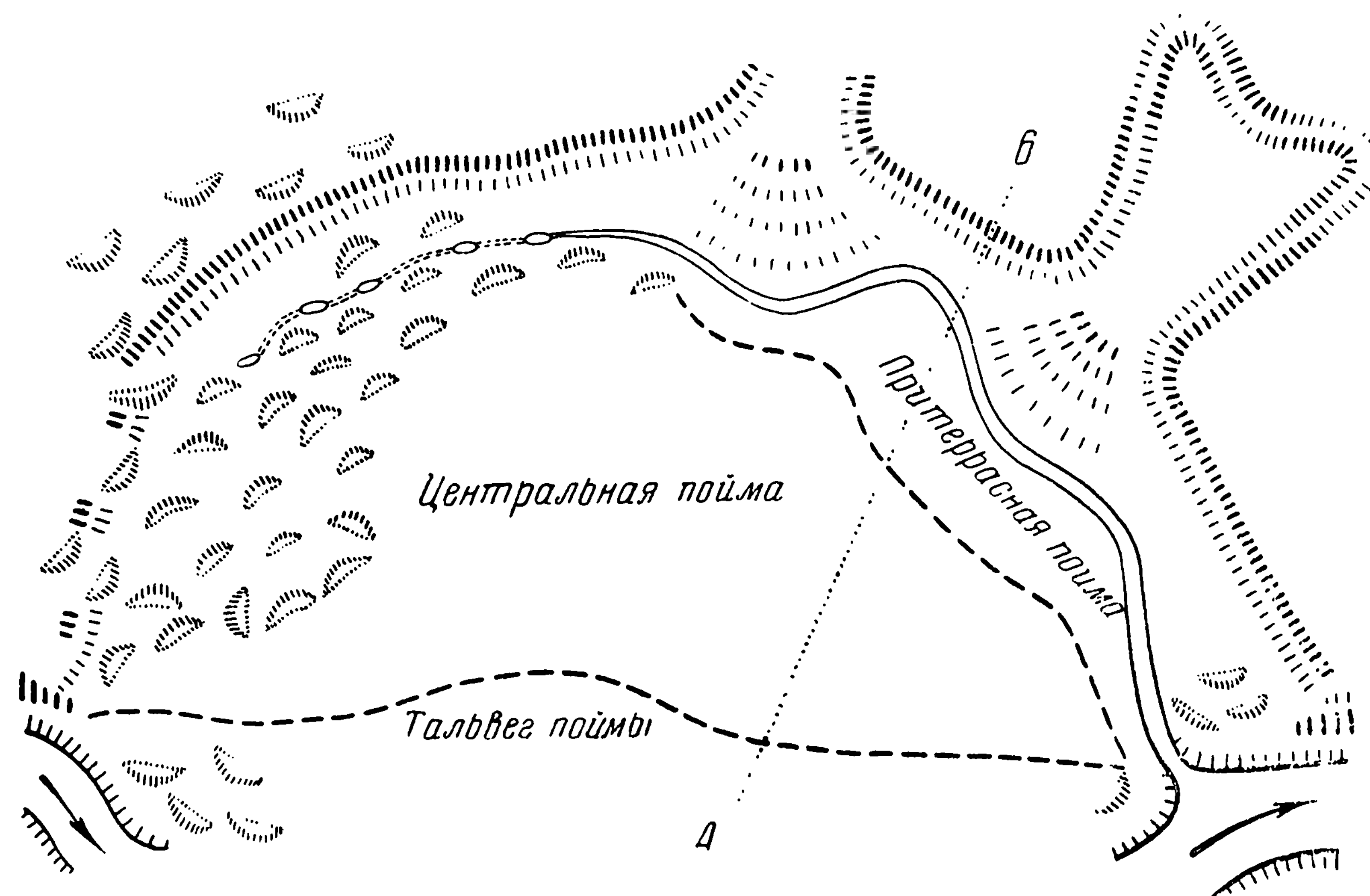



Рис. 18. Схема притеррасной области зернистой поймы.

не переходя, однако, в своем наиболее нижнем конце предела, определяемого тальвегом поймы (см. рис. 18).

## РЕЛЬЕФ ПРИТЕРРАСНОЙ ПОЙМЫ

Рельеф поверхности минеральной почвы притеррасной области складывается из двух пересекающихся наклонных поверхностей.

Наклон одной поверхности определяется делювиальными сносами с террасы коренного берега и представляет как бы продолжение третьей трети склона, т. е. делювиальный шлейф коренного берега долины реки.

Наклон второй поверхности, направленный в сторону, противоположную наклону первой, зависит в верхней по течению реки части области от делювиальных и ветровых сносов

с ограничивающей эту часть области гряды притеррасных дюн. В нижней по течению реки части области наклон второй поверхности определяется общим уклоном всей долины реки и, в частности, уклоном центральной области данного участка поймы. Очевидно, что на линии пересечения этих двух наклонных поверхностей образуется второй или *притеррасный тальвег поймы*, по которому часто течет *притеррасная речка*.

Кроме этих двух основных уклонов поверхности притеррасной поймы, на части ее, непосредственно прилегающей к коренному берегу долины, могут обособиться еще вторичные элементы рельефа, образуемые нагромождениями конусов овражных выносов из оврагов коренного берега долины. Эти вторичные элементы рельефа заставляют тальвег поймы принимать извилистое направление, и благодаря им притеррасная речка большей частью течет по чрезвычайно извилистому руслу.

Наконец, при крутых поворотах русла реки пески откладываются в значительном количестве на бечевнике нижней по течению реки части участка поймы и вздуваются денным бризом в бугристые всхолмления. Благодаря им как устье тальвега поймы, так и устье притеррасной речки отодвигаются от коренного берега долины реки вверх по течению последней.

Такова общая схема рельефа поверхности притеррасной области поймы на участках ее, на которых откладывается зернистая пойма (см. рис. 18).

## ПРИТЕРРАСНАЯ ОБЛАСТЬ СЛОИСТОЙ ПОЙМЫ

На участках поймы, по которым во время весеннего половодия происходит течение воды разлива и на которых поэтому откладывается слоистая пойма, характер рельефа осложняется влиянием текущей воды половодия (см. рис. 19).

Вода половодия, притекающая на участки поймы в области скопления бугристых песков, прокладывает себе путь — образует

второстепенное стремя не только по тальвегу центральной поймы, но и по тальвегу притеррасной поймы. Как мы уже видели в главе о слоистой пойме, результатом установления

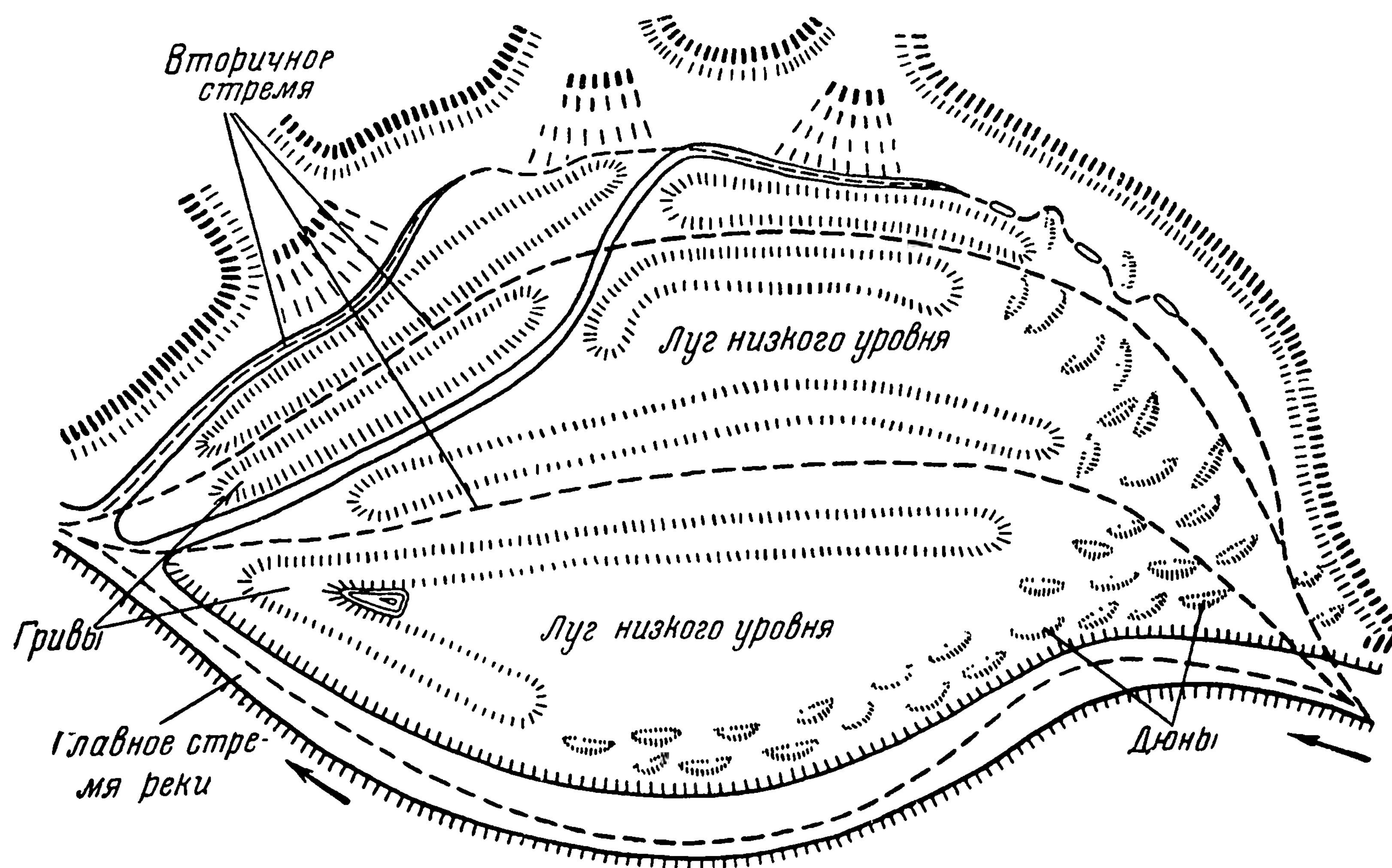



Рис. 19. Схема обособления притеррасной области на слоистой пойме.

второстепенных токов воды в области поймы является образование рядов грив, и эти гривы откладываются не только в области центральной поймы, но и в области притеррасной. Под влиянием этих грив рельеф притеррасной поймы принимает также волнистый характер, разбиваясь на ряд параллельных логов, разделенных гривами. Гривы часто пересыпают русло притеррасной речки и образуют новые русла речек. А так как старые русла этих речек продолжают питаться из прежнего своего бассейна, приток воды из которого осуществляется по всей длине береговой линии их русла, то вместо одной речки могут обособиться две и больше самостоятельных речек, текущих приблизительно параллельно друг другу.

Из всего вышесказанного мы должны сделать тот основной вывод, что притеррасная пойма представляет по характеру устройства своей поверхности дугообразную, расширяющуюся в своей нижней по уклону части, долину, *хорошо дренированную* преимущественно в своей нижней расширенной части при посредстве одной или нескольких речек. В том случае, когда отсутствует притеррасная речка с постоянным течением воды, в долине притеррасной поймы всегда ясно выражен тальвег, который так же, как и речка, несет службу отвода притекающей воды.

* * *

## ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПРИТЕРРАСНОЙ ПОЙМЫ

Из всех элементов рельефа страны притеррасная пойма отличается наиболее сложным водным режимом. В то время, как у других элементов рельефа приход воды составляется или из одного только источника — атмосферных осадков, как мы это видели при изучении водного режима водораздела, или же слагается из трех источников — атмосферных осадков, почвенной воды и делювиальных потоков, как это имеет место в склонах внепойменного рельефа, или из атмосферных осадков, грунтовой воды и воды половодия, как это наблюдается в области центральной поймы, *водный режим притеррасной поймы слагается из пяти самостоятельных, источников.*

## АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

Прежде всего к этой области притекает на единицу площади в среднем совершенно такое же количество летней атмосферной воды, как и к другим элементам рельефа. Но в силу особенностей положения притеррасной поймы в наиболее глубоких отрицательных элементах рельефа и под непосредственной защитой террасы коренного берега долины реки *количества зимних осадков*, навеваемых сюда метелями, *больше* чем где бы то ни было, кроме оврагов внепойменной части страны.

## ДЕЛЮВИАЛЬНЫЕ ВОДЫ

*Количество делювиальных вод*, притекающих к рассматриваемой области, *достигает своего максимального выражения* как в смысле величины абсолютного их количества, так и в смысле равномерности их притока. Все количество атмосферной воды, не поглощенной почвою и не испарившейся обратно в атмосферу со всего того района водосборной площади реки, который тяготеет к части коренного берега реки, служащего границей притеррасной области данного участка поймы реки, может поступить в конечный свой резервуар — реку только через область притеррасной поймы.

Длина пути от водораздела до пологого склона террасы является максимальной величиной для каждого района водосборной площади, тяготеющей к соответствующему участку поймы реки. Очевидно, что влияние сопротивления поверхности почвы на быстроту осуществления стока поверхностных вод должно достигнуть также своего максимального выражения. Это влияние скажется прежде всего на удлинении срока осуществления стока воды, и, благодаря этому, очевидно также, что и равномерность притока поверхностной — делювиальной воды достигнет своего максимального выражения.

В еще более резком выражении скажется в своем конечном воздействии на обеспечении равномерности притока делювиальной воды влияние оврагов, впадающих в соответствующие участки поймы. Как бы равномерно и медленно ни совершалось весной таяние зимних осадков, все-таки поступление в реку всего количества растаявшего снега, залегающего на поверхности всей области, кроме оврагов, ограничивается временем половодия, так как оба эти явления связаны между собою прямой причинной зависимостью. Очевидно, что влияние этой части годовых осадков на водный режим всей поймы ограничивается только периодом половодия. Исключение составляет часть снега, которая за время зимних вьюг и метелей сносится в овраги, напол-

няя их часто до краев. Благодаря скоплению снега плотной массой, особенно в верхних частях оврагов и отвершках, где весенние потоки оврага не могут еще развиться до значительных размеров, бóльшая часть снега и после спада полой воды сохраняется и, равномерно медленно тая, особенно в теневой стороне оврага, еще долгое время питает ручей оврага, впадающий в притеррасную область поймы. Таким образом, увеличивается не только равномерность притока делювиальной воды, но и абсолютное количество ее, проникающее непосредственно к поверхности притеррасной поймы и не уносимое сразу быстрым течением разлива реки.

## ВОДА ПОЛОВОДИЯ

Третий источник увлажнения области притеррасной поймы — это *вода половодия*, которая здесь стоит или движется в течение лишь части всего периода половодия, так как на эту наиболее повышенную часть заливаемой области поймы вода разлива проникает позже, чем на другие части той же области в период максимального подъема воды, и эта область прежде всего очищается от воды, когда высокая вода реки переходит на убыль. В силу такой краткости срока пребывания воды в области притеррасной поймы и вследствие того, что на реках, отлагающих слоистую пойму, течение воды здесь достигает своей наименьшей скорости, сугробы, нанесенные зимой близ пологого спуска террасы коренного берега, остаются в значительной степени в целости надолго после спада воды половодия и влияют также на усиление равномерности увлажнения области притеррасной поймы.

## ПОЧВЕННЫЕ ВОДЫ

Из анализа условий движения почвенной воды на элементах склонов внепойменных элементов рельефа страны, которым мы занимались при изучении зависимости проявления

подзолообразовательного процесса от элементов рельефа страны (глава XI), вытекает, что *прогрессивное замедление движения почвенной воды*, протекающей по уклону внепойменного рельефа к своей конечной цели—свободному стоку по долине реки, должно неминуемо и сильнейшим образом отразиться на увеличении равномерности притока воды из этого четвертого источника в область притеррасной поймы. Очевидно также, что в результате обратной зависимости количества почвенной воды данного элемента склона от величины выражения скорости ее движения абсолютное количество почвенной воды, притекающей к низшим элементам склона и к откосам террасы, достигает своего наибольшего выражения. Соответственно этому скорость притока почвенной воды к тем же элементам рельефа получает минимальное выражение. Другими словами, равномерность притока почвенной воды к откосу террасы достигнет своего апогея, и этот приток не будет прерываться в течение круглого года.

Выше мы видели общую зависимость изменения высоты уровня почвенной воды над горизонтальной поверхностью от изменения высоты поверхности почвы над тем же горизонтом. Эта зависимость выражается в том, что рельеф уровня почвенной воды приблизительно повторяет изменение рельефа поверхности почвы. Амплитуда же колебаний абсолютных величин высот уровня почвенной воды меньше, чем соответствующие амплитуды колебаний абсолютных величин высот дневной поверхности почвы над тем же горизонтом.

Мы должны припомнить, что при переходе от элементов внепойменных к пойме изменение рельефа местности в лесо-луговой зоне достигает очень резкой степени выражения, так как пологая терраса представляет в сущности обрыв бывшей крутой террасы, занесенный делювиальными сносами со склонов. Отсюда станет понятным, что отстающее в степени своего выражения падение уровня почвенной воды может повлечь за собой совмещение обоих уровней — поверхности почвы и почвенной воды в низшей точке падения первой.

Этому явлению способствует еще и то, что в области поймы грунтовые воды первого горизонта достигают наименьшей от поверхности почвы глубины своего стояния, и горизонт почвенных вод, стекающих с внепойменных элементов рельефа страны, сливается у подошвы пологого откоса террасы с горизонтом грунтовых вод.

Благодаря тому, что грунтовые воды в области поймы, как мы увидим дальше, находятся под напором, проникновение почвенной воды вниз даже в легко проницаемой почве зернистой поймы неосуществимо. Ясно, что приток почвенной воды к области притеррасной поймы должен вызвать повышение ее уровня в области поймы, как раз начиная с границы пологого склона террасы и области притеррасной поймы, так как на некотором отдалении от этой границы будет уже сказываться дренирующее влияние притеррасной речки или тальвега притеррасной поймы.

Очевидно также, что со стороны, противоположной откосу террасы, т. е. со стороны области притеррасных дюн, сложатся условия совершенно такого же порядка, как и с только что рассмотренной стороны, но в меньшей степени яркости выражения, ибо область притеррасных дюн представляет те же элементы рельефа — водораздел и склоны, но только длина склонов и ширина водораздела достигают в ней меньшего развития. Прямым следствием этого меньшего выражения длины склонов, а также и меньшего выражения влагоемкости песка, образующего дюны, и его меньшей волосности, будет бóльшая порывистость того же движения почвенной воды и бóльшая зависимость интенсивности его выражения от количества выпадающих осадков.

### ПРИТЕРРАСНЫЕ КЛЮЧИ

Под влиянием всего комплекса разнообразных факторов у подошвы пологой террасы обособляется полоса во всю длину коренного берега участка поймы, в которой почвенные воды,

стекающие с внепойменных элементов рельефа, *выклиниваются* на дневной поверхности почвы, образуя область *постоянных ключей*, питающих в течение круглого года притеррасную область поймы и притеррасную речку (см. рис. 20).

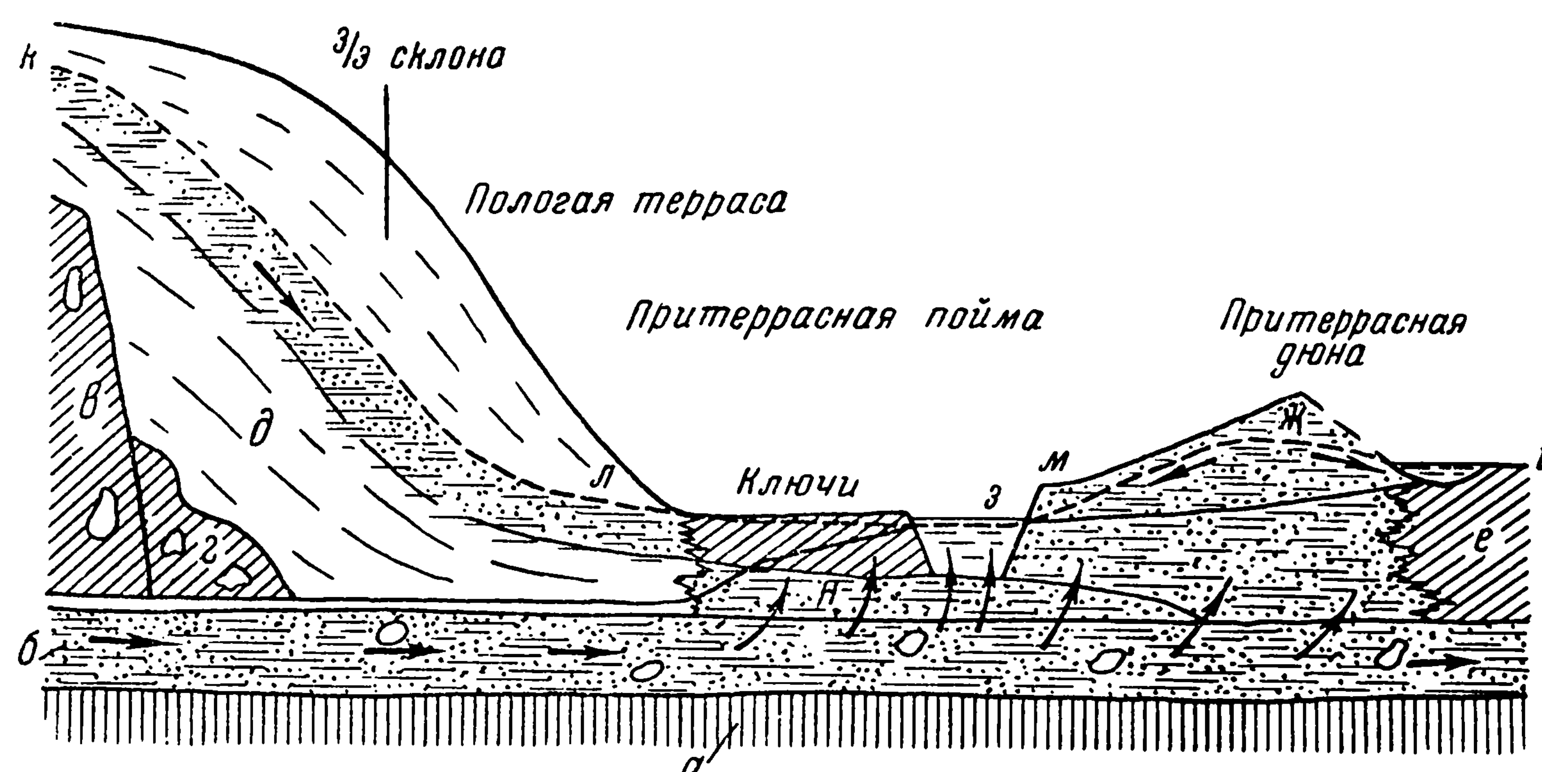



Рис. 20. Схематический разрез притеррасной области зернистой поймы: *а* — коренная порода; *б*—нижние валунные пески; *в* — основная морена; *г* — оползни основной морены; *д* — делювиальные сносы третьей трети склона внепойменных элементов рельефа и пологого склона террасы; *е* — отложения поймы; *ж* — пески притеррасных дюн; *з* — притеррасная речка; *и* — уровень грунтовых вод; *к* — уровень почвенных вод; *л* — область постоянных ключей; *м* — область перемежающихся ключей; *н* — безвалунный песок — плывун.

Подобная же область ключей обособляется в более или менее сильной степени и у подножия дюнных всхолмлений как со стороны притеррасной, так и центральной поймы, с тою лишь разницей, что ключи, питаемые дюнными всхолмлениями, отличаются меньшим постоянством своего существования и усиливаются через некоторый промежуток времени после выпадения обильных атмосферных осадков, когда замедленный сопротивлением почвы ток воды достигнет подошвы дюн. Усиление деятельности ключей происходит также и под влиянием падения барометрического давления. В периоды бездождия и высокого барометрического давления ключи этой области со-

вершенно иссякают и вследствие этого подножия дюнных всхолмлений представляют область *перемежающихся ключей*.

Очевидно, что как степень обилия доставляемой ключами воды, так и степень постоянства их существования в области дюнных песчаных всхолмлений будут находиться в прямой зависимости от степени количественного выражения развития этих областей скопления песка. И ключи бугристых песков могут быть представлены постоянными ключами как в областях наибольшего скопления бугристых песков поймы, так и в областях притеррасных вздутых бугристых песков и водораздельных бугристых песков, так как все эти три области могут достигать чрезвычайного развития. Но по мере того, как бугристые песчаные отложения области наибольшего скопления песков в пойме начинают дифференцироваться в гряды притеррасных и прирусловых дюн, постепенно уменьшается и продолжительность существования ключей, вытекающих у их подножия, и количество воды, ими приносимой.

## ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ

Пятый источник, который входит, как слагаемое в состав статьи прихода воды к области притеррасной поймы, представляет так называемый *первый горизонт грунтовых вод*.

Источником питания этого горизонта являются те же атмосферные осадки, часть которых проникает в силу гидростатического давления, или, другими словами, под влиянием силы тяжести, в неволосные трещины и расселины основной морены. Эти трещины и расселины образовались еще в то время, когда в период отступания ледника эпохи великого оледенения начал обособляться горизонт основной морены как с дневной, так и с донной поверхности ледника. При продолжавшемся еще движении массы ледника должны были развиться в чрезвычайной степени явления карстового оседания и провалов как поверхностного, так и донного горизонта морены вследствие таяния ледяной массы, заключенной между двумя горизонта-

ми свободной от льда основной морены, и вследствие отмучивания наиболее тонких механических элементов подледниковыми потоками. Образовавшиеся трещины сдвигов могли быть занесены делювием и завеяны эоловыми наносами только с дневной поверхности, трещины же в самой массе рухляковой породы должны были сохраниться в неприкосновенности, и во всяком свежем обнажении основной морены эти трещины ясно видны. Позднейшие процессы денудации, беспрерывно снося и и перемещая поверхностные покровы основной морены, поддерживают сообщение этих трещин с дневной поверхностью, и часть атмосферных осадков попадает в них неизменно.

Медленность передвижения тока воды по сложной извилистой сети трещин через толщу основной морены вертикально вниз по направлению силы тяжести должна подействовать, очевидно, элиминирующим образом на влияние периодичности притока атмосферной воды. Это действие должно оказаться еще сильнее, вследствие разновременности выпадения атмосферных осадков в различных областях бассейна, питающего грунтовые воды.

Под влиянием этих двух причин, вначале прерывчатые и неравномерно рассеянные по поверхности и по трещинам толщи основной морены, струи постоянно обращаются в беспрерывный нисходящий поток воды. Этот поток заполняет всю сеть неволосных промежутков породы и поддерживает сплошную заполненность всех ее волосных промежутков. Он служит также источником воды для волосного восходящего тока ее, вызываемого периодическим иссушением поверхностных горизонтов морены.

## ВОДОНОСНЫЕ ГОРИЗОНТЫ

Нисходящий поток грунтовой воды, заключенной в трещинах основной морены, достигает, наконец, горизонта нижних валунных песков, промежутки между элементами которых представляют густую сплошную сеть неволосных каналов, пере-

плетающихся во всех направлениях. По этому-то *водоносному горизонту* и направляется движение тока, изменив направление нисходящее вертикальное в наклонное по направлению уклона пласта нижних валунных песков.

В случае, когда коренная порода, подстилающая горизонт нижних валунных песков, обладает, в свою очередь, также неволосными промежутками, большая или меньшая часть воды *первого горизонта грунтовой воды* проникает в эти промежутки, продолжая свое вертикальное движение вниз и давая начало последовательно *второму*, *третьему и т. д. горизонтам грунтовой воды*.

Движение грунтовой воды первого горизонта по пласту нижних валунных песков, т. е. по горизонту поддонной морены, всегда совершается в направлении к долинам тех рек, ложе которых промыто до поверхности того же горизонта нижних валунных песков.

Высказанное положение становится очевидным, если мы припомним, что горизонт нижних валунных песков залегает непосредственно на поверхности коренных пород, представляющих рельеф доледникового ландшафта страны. Этот рельеф в своих деталях подвергался сглаживанию и выпахиванию ледником, но крупные элементы его — водоразделы, склоны и долины — остались теми же, какими они были во время своего нахождения под ледяным покровом великого оледенения. Ясно, что вода, образовывавшаяся под влиянием донного таяния ледника, должна была находить себе путь по элементам подледникового рельефа совершенно независимо от состояния рельефа дневной поверхности ледника. Очевидно также, что подледниковые потоки ничем по существу не отличались от делювиальных потоков, кроме темпа их развития, быстрота и порывистость которого подавлялась тем сопротивлением их движению, которое они встречали в массе поддонной морены. Это явление вместе с непрерывностью самого процесса донного таяния ледника служило к усилению непрерывной равномерности

существования подледниковых потоков, чем, в свою очередь, обеспечивалась интенсивность их воздействия на промывавшуюся ими породу. Понятно также, что по мере удаления от водоразделов рельефа подледниковой породы количество воды потоков, стекавших по всей ширине всех склонов подледникового рельефа, прогрессивно росло и также прогрессивно должно было увеличиваться абсолютное количество воды, передвигавшейся по подледниковым долинам.

Когда потоки, стремившиеся по подледниковым долинам, достигали главных артерий подледникового рельефа, они уже должны были иметь характер могучих рек с непрерывным равномерным уровнем воды, определявшимся равномерностью донного таяния ледника во всем бассейне такого потока.

Очевидно, что влияние таких потоков на сортировку и перенос продуктов размыва основной морены, совершавшегося с донной поверхности ледника, должно было расти по мере увеличения количества воды, протекавшей по долине — руслу такого потока, и в главных артериях вся масса основной морены должна была подвергнуться постепенному размыву. А так как процесс непосредственного поступления воды, происходивший от таяния ледника, в горизонт поддонной морены постепенно перешел в передвижение ее в форме грунтовой воды, то последняя должна была неминуемо направиться по готовому уже пути — по лишенной мелких механических элементов поддонной морене, как по пути наименьшего сопротивления.

С момента обособления покровных моренных отложений и вплоть до заселения поверхности морены биологическими элементами весеннее таяние снега должно было носить чрезвычайно бурный характер, так как вполне отсутствовало умеряющее влияние лесной растительности на таяние снега. Положительные элементы рельефа быстро очищались от остатков снега, так как он еще зимой был снесен в долины, и поэтому размывающее действие весенних делювиальных потоков на положительные элементы не могло развиться в достаточно сильной

мере, как мы это уже видели в тундровой зоне. Но зато все количество зимнего снега, снесенного в наиболее пониженные отрицательные элементы рельефа, т. е. в долины рек, при своем таянии, длительность которого обеспечивалась величиной массы скопившегося снега, должно было развить упорную по своей продолжительности работу эрозии долины, и процесс размыва остатков основной морены в долине бывшей ледниковой реки продолжался, все усиливаясь вниз по течению реки по мере увеличения поверхности водосборного ее бассейна. Остатки неразмытых участков основной морены до сих пор еще можно наблюдать среди поймы верхнего течения многих рек — Волги, Оки, Шексны, Мологи и т. д.

## БЕЗВАЛУННЫЕ ПРИТЕРРАСНЫЕ ПЕСКИ

Тонкий снеговой покров положительных элементов рельефа послеледникового ландшафта, при своем быстром таянии в период до завоевания территории лесной растительной формацией, должен был образовывать в короткий промежуток времени большую массу воды, поступавшую в область долины реки. Эта масса воды должна была выказать наиболее сильную эрозионную деятельность в низших элементах склона, на которых толщина снегового покрова, сносимого с водоразделов и водораздельных плато, была уже значительна. Поэтому в области, пограничной с долиной реки, мы очень часто встречаем результаты такой усиленной эрозии — элювий основной морены, в виде часто колоссальных скоплений *полуперемытого гравия и щебня*, избороздженных сетью сухих протоков, устья которых открываются в долину реки.

Та часть материала, слагавшего полуперемытую основную морену, которая была снесена весенними делювиальными потоками в долину реки, неминуемо должна была подвергнуться детальной сортировке в воде весеннего разлива, наполнявшей долину. Быстрое течение делювиального потока, унесшего

глину, пылеватые элементы и песок из полуперемытой им основной морены, сразу ослабевало, как только делювиальный поток попадал в затопленную долину реки и разливался по ее широкому руслу. При этом на границе изменения скорости делювиального потока должны были осесть все более крупные элементы и лишь наиболее мелкие, соответствующие новой меньшей скорости течения, уносились далее.

Очевидно, что место границы изменения скорости делювиального потока при его впадении в аллювиальный поток будет лежать у подножия делювиального шлейфа пологой террасы. И здесь мы встречаем мощные отложения крупного безвалунного сортированного песка, перекрывающего нижние валунные пески и подстилающего современные аллювиальные наносы и отчасти делювиальные сносы пологого склона террасы. Этот горизонт *безвалунных притеррасных песков* составляет обыкновенно дно притеррасной речки и постепенно выклинивается по мере приближения к области центральной поймы (см. рис. 20, стр. 842).

Грунтовые воды, медленно стекая по уклону рельефа коренной породы страны, доходят до области, где отрицательные элементы рельефа коренной породы, или, вернее, верхней поверхности горизонта нижних валунных песков, залегающей приблизительно параллельно поверхности коренной породы, совмещаются с такими же отрицательными элементами современного поверхностного рельефа страны. Это совмещение осуществляется в области долины главных водных артерий страны, бывших ледниковых потоков, дно и аллювиальные отложения которых подстилаются горизонтом нижних валунных песков.

## БАССЕЙНЫ ПИТАНИЯ РЕК

Бассейн питания рек делювиальными потоками и потоками почвенной воды или ее водосборный бассейн и водосборный бассейн грунтовых вод первого горизонта, питающих реку,

далеко не всегда совпадают. Чаще всего второй водосборный бассейн отличается большей величиной своей поверхности.

Приток грунтовой воды к первому водоносному горизонту осуществляется по сети неволосных трещин основной морены. Самое движение грунтовой воды по направлению к долине реки по уклону водоносного горизонта происходит по неволосным каналам грубозернистого валунного песка. Очевидно, что этот ток *капельножидкой* воды подчиняется законам гидростатического давления. Это давление, под которым находится грунтовая вода, найдет себе возможность проявления в низшей области водоносного пласта, т. е. в области поймы.

Гидростатическое давление, под которым движется грунтовая вода первого водоносного горизонта, не может проявить своего влияния в области внепойменных элементов рельефа, так как сверху этот горизонт покрыт основной мореной, все промежутки между частицами которой отличаются волосностью, и на их отношения к воде гидростатическое давление не может оказать никакого влияния. Что же касается неволосных трещин и расселин основной морены, то поднятие в них воды не оказывает никакого видимого влияния на изменение свойств породы, так как по ним беспрерывно во всей массе породы совершается приток воды, питающей водоносный горизонт. На самом деле это поднятие уровня воды в трещинах породы имеет большое значение в смысле приближения к дневной поверхности того источника воды, из которого может черпать воду восходящий волосный ток воды, зарождающийся в случае иссушения поверхностных слоев почвы или породы. В области поймы обстоятельства изменяются.

## ПЛЫВУН ПОЙМЫ

Сразу по вступлении в эту область грунтовые воды встречают горизонт крупнозернистых безвалунных притеррасных песков, в которых вследствие их крупнозернистости,

большинство промежутков между механическими элементами не обладает волосностью. Поэтому по вступлении в область притеррасной поймы уровень грунтовой воды сразу резким скачком поднимается, и безвалунный песок, насквозь пропитанный ка пельножидкой грунтовой водой, находящейся под гидростатическим давлением, приобретает свойства *плывуна*, т. е он вместе с водой оплывает из откосов ямы или канавы. Сколько бы ни выбирали песка с водой из ямы или канавы, уровень воды и песка в яме весьма быстро приходит в прежнее положение, причем боковые стенки ямы выплывают, что вызывает опускание или оползни стенок ямы или канавы. Это свойство плывуна всегда присуще безвалунным притеррасным пескам.

## ДНО ПРИТЕРРАСНОЙ РЕЧКИ

Притеррасный плывун поймы служит обыкновенно дном притеррасной речки, и вследствие постоянного притока грунтовой воды под давлением притеррасная речка никогда не пересыхает, невзирая ни на какую засуху и несмотря часто на незначительность своих размеров. Под влиянием того же гидростатического давления русло речки никогда не затягивается илом, несмотря на непосредственную близость двух делювиальных склонов. Осадки, падающие на дно речки, взмучиваются восходящим через дно потоком грунтовой воды и уносятся течением речки в русло реки; дно притеррасной речки всегда сохраняет чистый песчаный характер, и присутствие восходящего тока грунтовой воды часто заметно по беспрерывной игре и преломлению света на плоскостях спайности слюдяных частиц песка, находящихся в постоянном движении.

Часто аллювиальные и эоловые отложения поймы отличаются диаметром промежутков, который стоит как бы на границе проявления как волосных свойств, так и проницаемости. Даже зернистая пойма не составляет в этом отношении исключения, так как в нижних ее горизонтах, как уже упоминалось выше,

комочки приобретают граненые формы, позволяющие им плотнее прилегать друг к другу.

Вследствие этого высота уровня грунтовых вод в аллювиальных и эоловых отложениях поймы не отличается от высоты их уровня в горизонте безвалунного плывуна притеррасной области поймы. Но, в отличие от последнего, аллювиальные отложения не обладают столь ярко выраженным свойством оплывать. Для эоловых отложений это свойство при значительном развитии дюн в высоту может также получить ясное выражение.

В отличие от плывунов, яма, вырытая в области пойменных отложений, наполняется водой не сразу, и стенки ее при этом не оплывают, а наполнение ее до постоянного уровня грунтовых вод происходит в течение нескольких часов.

## СТОК ВОДЫ ИЗ ПРИТЕРРАСНОЙ ПОЙМЫ

Исследованные нами выше пять источников прихода воды в области притеррасной поймы компенсируются одним путем расхода — *стоком по тальвегу притеррасной поймы.* В случае хорошо развитого участка поймы с большим тяготеющим к нему бассейном в тальвеге притеррасной поймы развивается притеррасная речка. Притеррасная речка может принимать в себя притоки как из области притеррасной поймы, так и из областей наибольшего скопления песков поймы и вздутых притеррасных песков. Равным образом бассейны притоков притеррасной речки могут целиком лежать во внепойменной области.

В общих чертах направление притеррасной речки приблизительно параллельно коренному берегу долины реки, ограничивающему участок поймы. На участках зернистой поймы, как правило, бывает лишь одно русло притеррасной речки, принимающей иногда один или несколько притоков, притекающих обыкновенно по дну оврагов, дошедших в своем развитии до области водораздельного болота. Но на участках слоистой поймы, под влиянием пересыпания русла новообразующимися

гривами, может обособиться несколько текущих в общем параллельно друг другу речек, проложивших себе путь по тальвегам между гривами слоистой поймы.

По большей части притеррасная речка получает ясное выражение лишь во второй, по направлению течения реки, половине дуги коренного берега долины реки, ограничивающего участок поймы. В этом случае обыкновенно замечается резко выраженное развитие области максимального скопления бугристых песков поймы или не менее ярко выраженное развитие области вздутых внепойменных притеррасных песков.

Вследствие сильного развития последней области, сток поверхностных и почвенных вод, тяготеющих по существу к первой половине вышеназванной дуги коренного берега, отрезается от нее, благодаря повышению рельефа коренного берега нагромождением толщ вздутых песков. Поэтому сток поверхностных и почвенных вод к реке частично осуществляется через крутую террасу коренного берега, лежащего непосредственно выше участка поймы.

Приток грунтовой воды, притекающей под гидростатическим давлением в область наибольшего скопления бугристых песков поймы, находит себе исход, поднимаясь в загромождающие тальвег притеррасной поймы бугристые пески в виде повышенного, благодаря повышению рельефа местности, уровня грунтовой воды, и в том, что он свободно стекает из области наибольшего скопления песков поймы частью непосредственно в реку, частью по тальвегу центральной поймы. Что в данном случае мы имеем дело с грунтовой, а не с почвенной водой, видно из того, что в подобных случаях горизонты дюнного песка, пропитанные грунтовой водой, приобретают свойства плывуна, что бывает только в случае притока грунтовой воды, находящейся под значительным гидростатическим давлением, и никогда не имеет места в случае притока почвенной воды.

Возможно, что само усиленное развитие области скопления бугристых песков поймы обязано своим происхождением имен-

но этому притоку грунтовой воды под значительным давлением. Постоянная усиленная влажность таких песков является в этом случае надежной защитой против преобладания процесса развевания песков по направлению к внепойменным элементам рельефа страны.

При таких условиях первая половина притеррасной поймы в сущности сливается с областями бугристых песков.

## РУСЛО ПРИТЕРРАСНОЙ РЕЧКИ

Притеррасная речка имеет обыкновенно очень извилистое течение, так как ее русло принуждено обходить ряд конусов овражных выносов, наносимых весенней водой и водой летних ливней.

Как уже было упомянуто выше, дно речки редко бывает покрыто илом, оно большей частью чистое — песчаное. Песок дна речки бывает обыкновенно так хорошо промыт восходящим током грунтовой воды, что даже при попытке взмутить его искусственно веслом или палкой со дна легко поднимается облако сверкающего гранями своих зерен песка, который немедленно опять садится на дно, не замутив воды.

Берега притеррасной речки почти всегда бывают очень отлогими, вследствие выплывания слагающей их почвы под напором гидростатического давления грунтовой воды, питающей речку. Только у самого устья речки бывают развиты незначительные скопления бугристых песков, наносимых ветром с бечевника следующего непосредственно ниже по течению реки участка поймы.

Вследствие преобладания питания притеррасной речки грунтовой водой, уровень воды в ней отличается значительным постоянством и не зависит в своих колебаниях в меженное время от условий погоды.

Сводя все вышесказанное, мы должны придти к тому выводу, что в области притеррасной поймы в одинаковой степени

обеспечены как *изобильный приток воды*, так и *беспрепятственный сток* избытка ее через русло притеррасной речки, которое, так сказать, автоматически поддерживается в свободном и чистом состоянии, благодаря притоку грунтовой воды под значительным гидростатическим давлением.

* * *

## ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ПРИТЕРРАСНОЙ ПОЙМЫ

Подобно водному режиму и питательный режим рассматриваемой нами притеррасной области поймы отличается многими особенностями.

Для того чтобы разобраться в сложных особенностях питательного режима притеррасной области поймы, нам необходимо несколько расширить вопрос и рассмотреть не только условия притока питательных веществ в узком смысле — безусловно необходимых растениям элементов их зольной пищи, но включить в рассмотрение и вопрос о притоке всяких растворимых и нерастворимых в воде веществ.

Уже по самому положению притеррасной поймы у подножья третьей трети склона можно предположить, что приток к ней всевозможных веществ будет очень обилен, так как все то, что может быть снесено в растворе или во взмученном состоянии делювиальными и почвенными водами из тяготеющего к этой области бассейна, должно пройти через нее. Кроме того, сюда же будет принесена и часть веществ из более обширного бассейна потоком грунтовой воды, который в этой области принимает восходящее направление (см. рис. 20, стр. 842).

Прежде всего ясно, что делювиальные, почвенные и грунтовые воды будут беспрерывно в течение круглого года приносить в эту область все те продукты разложения органического вещества, которые не были по тем или иным причинам задержаны и использованы биологическими элементами всей территории, лежащей выше рассматриваемой области и тяготеющей

к ней в смысле стока делювиальных, почвенных и грунтовых вод. По составу эти приносимые водами вещества будут представлять все элементы, входящие в состав тканей, создаваемых растениями и образуемых животными из тех же растительных тканей, так как трупы и извержения животных, разлагающиеся в земле или на ее поверхности, также неминуемо должны принять участие в снабжении рассматриваемой области продуктами своего разложения.

Все эти вещества будут притекать в форме самых разнообразных соединений как органических, так и минеральных. Но если припомнить, что на пути этого потока стоит все биологическое население как высших, так и низших растений водораздела — склонов и суходолов, то станет ясным, что вещества, достигающие области притеррасной поймы, не могут представлять тех же количественных соотношений, какие существовали между ними, когда они входили еще в состав органического вещества, тем более что ток воды неминуемо должен вымыть и некоторые элементы материнской породы почв.

Что касается количественной стороны этого притока, то тут возможны чрезвычайно широкие колебания в зависимости как от времени года, так и от состояния, в котором находится поверхность вышележащей территории.

## ПРИЧИНЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ПРИТОК ПИЩИ РАСТЕНИЙ К ПРИТЕРРАСНОЙ ОБЛАСТИ

Главным элементом, определяющим степень интенсивности притока зольных элементов органического вещества к области притеррасной поймы, будет состояние, в котором находятся вышележащие элементы рельефа. Они могут быть заняты природной растительностью или же находиться в состоянии сельскохозяйственной культуры.

В первом случае, когда элементы рельефа вышележащей территории, тяготеющей в смысле стока поверхностной,

почвенной и грунтовой воды к области притеррасной поймы, заняты природными растительными сообществами, мы встречаем выражение минимума притока зольных элементов органического вещества к той же области притеррасной поймы.

Причину такого явления следует видеть в том, что *решающим фактором, определяющим состав природного растительного сообщества, является отношение различных групп членов растительного сообщества к использованию наличности зольных элементов пищи растений в среде, обитаемой сообществом*, и к предохранению этих элементов пищи от удаления из той же среды воздействием абиотических элементов природы, так как *зольные элементы пищи растений находятся в состоянии наиболее глубокого минимума по сравнению с количественным притоком других факторов жизни растений*. Только в сравнительно реже встречающихся случаях решающим моментом, при определении состава растительного сообщества, является отношение членов его к способности использовать наличность воды. Наконец, лишь при полной обеспеченности всех членов сообщества зольными элементами и водой выступает на первый план отношение членов сообщества к использованию света и их отношение к теплу.

## МОМЕНТЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СОСТАВ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ

Вследствие минимального содержания зольных элементов пищи растений или, точнее, некоторых из них в среде, обитаемой растительными сообществами, мы всегда наблюдаем, что природное растительное сообщество слагается из таких групп членов, которые взаимно пополняют друг друга в отношении осуществления возможности удержания в обитаемой ими среде и использования для своих жизненных целей зольных элементов своей пищи, преимущественно тех, которые находятся в состоянии минимальной наличности. Под влиянием этого

основного стимула мы наблюдаем не только одновременное и совместное присутствие противоположных, по своим отношениям к усвоению зольных элементов пищи, членов сообщества, но и смену различных таких же групп членов сообщества в течение вегетационного периода. В результате такого сочетания происходит настолько полное использование зольных элементов пищи растений, находящихся в состоянии абсолютной минимальной наличности, что возможность выщелачивания этих элементов из среды, в которой развиваются члены сообщества, почти исключена.

## ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ СООБЩЕСТВ НА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИХ ПИЩИ

Поэтому в случае развития на водоразделе и склонах природных растительных сообществ поступление зольных элементов, уносимых и сносимых водой с этих элементов рельефа в область притеррасной поймы, должно, по большей части, ограничиться лишь такими элементами золы органического вещества, которые не представляют зольной пищи растений и входят в состав органического вещества их тканей только в силу своего присутствия в среде, в которой развиваются корни растений. Если же выносятся элементы пищи растений, то лишь такие, которые встречаются в среде развития растений в настолько больших количествах, что исключается возможность их нахождения в состоянии минимума. Даже в случае, если на наиболее повышенных элементах рельефа вследствие порывистости их водного режима и возможно увлечение некоторого количества находящихся в состоянии минимума элементов зольной пищи растений в область склонов, то здесь, при прогрессивном замедлении спускающегося по склону тока почвенной воды, эти элементы будут усвоены членами растительного сообщества, занимающего склоны.

## ВЛИЯНИЕ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ НА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

Противоположное явление мы наблюдаем в том случае, когда элементы рельефа, лежащие выше области притеррасной поймы, заняты культурными растениями.

Прежде всего при сельскохозяйственной культуре бывают, как нормальное явление, такие промежутки времени, когда поверхность почвы совершенно лишена покрова высших растений, когда почва обработана, но еще не занята культурными растениями. Эти промежутки времени совпадают как раз с таким временем года, когда процессы выщелачивания могут быть развиты особенно сильно — весною и осенью, и продолжительность этих промежутков времени значительна.

Причина продолжительности этих периодов лежит в том, что только при развитии мощной сети корней может полностью осуществиться задержка питательных элементов растительным покровом. А так как большинство культурных растений представляют однолетние растения, то и полное развитие их корневой системы наступает лишь к моменту кущения. В то время, когда поле обработано, но еще не покрыто сплошным покровом культурных растений, почва его приведена в состояние, наиболее отвечающее потребностям аэробных бактерий; поэтому как раз в это время усиленно протекает процесс аэробного разложения органического вещества почвы, при котором все зольные элементы переходят в форму минеральных окисленных веществ, легко выщелачиваемых из почвы.

Далее следует помнить, что все однолетние культурные растения принадлежат к степной растительной формации и все они отмирают в то время, когда почва содержит минимальное количество воды, ими же испаренной для производства урожая. Поэтому к моменту отмирания культурных растений их пожнивные остатки неминуемо оказываются в условиях аэробиозиса, разлагаются быстро и полно, и продукты их разложения — минеральные соли выщелачиваются при наступле-

нии осенних дождей. Только в случае присутствия в жнивье многолетних посевных трав или многолетних сорных растений может быть до известной степени парализован этот процесс выщелачивания зольных элементов пищи растений. Однако это влияние многолетних растений не может быть велико, так как многолетние культурные травы, находясь под жнивьем, еще не насчитывают и полного года своей жизни вследствие того, что они посеяны только весной того же года, в котором отмирает их покровное растение, и, следовательно, они не успели еще развить достаточно мощной корневой системы. В том же состоянии находятся и многолетние сорные растения.

Если даже нижние элементы склонов заняты сообществом многолетних растений луговой растительной формации в то время, когда вышележащие части склонов заняты культурными растениями, луговые растения нижних частей склонов не всегда могут использовать все количество притекающих к ним элементов пищи. Это происходит оттого, что приток зольных элементов пищи растений к нижней части склона бывает так обилен и совершается в такое время, когда растения, занимающие нижние элементы склона, или еще не могут усвоить всего запаса притекающей пищи, вследствие еще несовершенного развития своей листовой поверхности — весной, или уже не могут усвоить всего количества пищи, по причине недостатка притока тепла и ограниченности времени солнечного освещения — осенью.

Вероятность потерь в весенний период еще не так велика, так как развитие листовой поверхности весной прогрессирует очень интенсивно, а движение грунтовой воды вниз по склону совершается в нижних элементах склона с чрезвычайной медленностью. Зато в осеннее время усвояющая способность растительного покрова нижних элементов склона быстрым темпом падает, движение же почвенной воды продолжается с одинаковой быстротою днем и ночью вплоть до наступления глубокого промерзания почвы, которое на нижних элементах

склонов под пологом густого растительного покрова и в присутствии большой массы текущей воды совершается с настолько большим запозданием, что осуществляется далеко не каждый год, и ежегодно ранней весной воды разлива реки уносят неисчислимые богатства.

Сопоставляя вышеизложенное, мы можем сделать тот вывод, что приток зольных элементов к притеррасной области отличается большой равномерностью по отношению к элементам, не играющим критической роли в деле питания растений или вовсе не имеющим значения в этом деле, и что, наоборот, приток к той же области зольных элементов пищи растений, которые чаще других находятся в состоянии минимума, подвержен большим колебаниям как во времени, так в еще большей мере по отношению к различным участкам поймы не только разных рек, но и одной и той же реки.

## КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ВЕЩЕСТВ, ПРИТЕКАЮЩИХ В ПРИТЕРРАСНУЮ ПОЙМУ

Если мы обратимся к качественному составу притекающих к притеррасной области поймы почвенных вод, то мы найдем следующее. Прежде всего мы должны встретить в состоянии псевдораствора в воде гидрозоль кремневой кислоты, как постоянную составную часть почвенной жидкости. Содержание этого соединения вообще не зависит от характера растительного покрова почвы, так как выделение гидрозоля кремневой кислоты является непременным спутником не только подзолообразовательного процесса, но и всякого процесса разрушения органического вещества, созданного растениями как деревянистой, так и травянистой растительных формаций. Но очевидно, что когда в почве протекает подзолообразовательный процесс, количество содержащегося в почвенной жидкости гидрозоля кремневой кислоты сильно повысится.

Не менее постоянной составной частью почвенного раствора, притекающего к области притеррасной поймы, является

углекислая известь, растворенная в воде в виде кислой углеизвестковой соли. Колебание количественного содержания этой соли в почвенном растворе достигает больших размеров. Максимум ее содержания определяется богатством ею материнской породы, минимум — тем, что она является обязательным спутником разложения органического вещества.

Так же ярко представлен в почвенном растворе, притекающем в область притеррасной поймы, особенно в лесо-луговой зоне, и апокренат закиси железа, постоянное присутствие которого вызывается сильным выражением глеевого горизонта в почвах третьей трети вышележащего склона. Количественное содержание этой соли в почвенном растворе отличается очень большим постоянством, и она является постоянною его составной частью в зонах лесо-луговой, черноземной и в переходных зонах между этими двумя зонами и между зонами черноземной и степной.

В зоне черноземной, дерново-подзолистой и переходной между ними постоянно представлена в том же почвенном растворе и апокреново-известковая соль, являющаяся наиболее легко растворимой из всех отлагающихся в ортштейновом горизонте солей апокреновой кислоты.

Выдающееся место среди солей, содержащихся в растворе в той же почвенной воде, принадлежит азотно-натриевой и азотно известковой солям, присутствие которых вполне понятно, как конечных продуктов аэробного разложения азотистых составных элементов органического вещества. В особенно больших количествах эти соли присутствуют в том случае, когда хорошо выражена область вздутых притеррасных песков и когда нижние элементы склонов распаханы.

Серно-известковая соль также является постоянною и очень заметною составною частью почвенного раствора, притекающего в рассматриваемую область.

Вышеперечисленные соли представляют главные составные части растворенного в почвенной жидкости плотного остатка.

Кроме этих солей, всегда содержится, но в меньших количествах, ряд других элементов, входящих в состав органического вещества. Постоянным спутником этих солей являются гуминовая и ульминовая кислоты, а в части притеррасной поймы, тяготеющей к облесенным вздутым и дюнным пескам, и свободная креновая кислота.

Кроме этих растворенных в воде веществ, с делювиальными потоками воды в область притеррасной поймы периодически, в самых разнообразных количествах, проникают взмученные вещества, сносимые с поверхности прилегающих элементов рельефа и состоящие из равномерной смеси минеральных и органических веществ.

Сопоставляя только что приведенные данные с тем, что нам уже известно о водном режиме области притеррасной поймы, мы должны придти к выводу, что при чрезвычайно обильном и равномерном в течение всего вегетационного периода увлажнении эта область также равномерно и обильно снабжается и зольными элементами пищи растений и азотной пищей, как в минеральной, так и в органической форме. Кроме того, к этой области совершается такой же беспрерывный и обильный приток растворенного и взмученного в воде органического вещества, и таким же постоянством притока отличаются притекающие сюда закисная соль железа, углеизвестковая соль и гидрозоль кремневой кислоты.

* * *

## ОБЛАСТЬ ПРИТЕРРАСНОЙ ПОЙМЫ

В наиболее полных случаях своего проявления притеррасная пойма делится на две резко отличные области.

Первая занимает высшую по течению реки часть пространства, ограниченного приблизительно половиной дуги коренного берега с одной стороны и областями наибольшего скопления бугристых песков поймы и притеррасных дюн с проти-

воположной стороны. В своей верхней, по течению реки, части эта область обыкновенно завеяна песками и совершенно незаметно переходит как в область максимального скопления песков поймы, так и в область вздутых притеррасных песков, достигающих здесь своего наибольшего развития. Начиная отсюда степень занесения песками постепенно уменьшается, пока приблизительно на половине дуги коренного берега долины реки эта первая область притеррасной поймы не сольется со второю ее областью.

Навеянные в этой области пески настолько сильно изолируют поверхность почвы этой части притеррасной поймы от влияния подпора грунтовых вод, который является главным фактором, определяющим физиономию второй части, что по своим признакам и свойствам эта первая часть скорее приближается к песчаным областям, и поэтому ее удобнее изучить одновременно с областями бугристых песков.

### ОБЛАСТЬ ПРИТЕРРАСНОГО БОЛОТА

Вторая часть притеррасной поймы занимает нижнюю, по течению реки, половину притеррасной поймы и ограничивается нижней, по течению реки, половиной дуги коренного берега и с противоположной коренному берегу стороны постепенно сливается с областью центральной поймы. *Ширина притеррасной поймы* во второй ее части, т. е. протяжение по линии, перпендикулярной к коренному берегу, а следовательно, и *положение ее границы с областью центральной поймы определяются шириной распространения горизонта притеррасного безвалунного песка-плывуна*, подстилающего всю область притеррасной поймы и выклинивающегося на границе центральной поймы.

Присутствие вышеупомянутого песка-плывуна и определяет собою существенные и характерные признаки и свойства подстилаемой им области притеррасной поймы. Так как песок этого горизонта отличается крупнозернистостью и отсутствием

мелких частиц, то и преобладающее количество промежутков в его массе не имеет волосных свойств. Так как он залегает непосредственно на нижних валунных песках, проводящих первый горизонт грунтовых вод, притекающих к нему под гидростатическим напором, то грунтовая вода поднимается в нем и находит себе свободный выход через притеррасную речку. *Высота стояния этого горизонта грунтовой воды, отличающаяся чрезвычайным постоянством, определяет собою средний уровень воды притеррасной речки и меженный уровень реки.*

Совершенно понятно, что позднейшие делювиальные сносы и овражные выносы, постепенно падая в область притеррасной поймы на горизонт плывуна, должны были подвергаться такой же совершенной сортировке током грунтовой воды, причем преобладающая часть пылеватых и глинистых частиц уносилась. Таким образом, сложились постепенно берега речки, состоящие из сортированной массы делювиальных сносов и овражных выносов. Благодаря ничтожному содержанию пылеватых и глинистых частиц, почва, покрывающая плывун, легко пропитывается водой, выходящей из него. Очевидно, что растительные остатки, накопляющиеся ежегодно в этой почве, должны находиться в безусловно анаэробной обстановке, так как вода, беспрерывно к ним снизу притекающая, не может содержать в себе даже следов кислорода — она происходит из глубоких слоев нижних дилювиальных песков, погребенных огромными толщами основной морены.

## КЛЮЧЕВОЕ БОЛОТО

В результате такой обстановки, когда отмирающие части растений немедленно покрываются водой, притекающей снизу под гидростатическим напором и не содержащей кислорода, очевидно, что вся изучаемая область должна покрыться остатками растений, сохранившихся в условиях анаэробиозиса. При этом остатки эти не могут слежаться плотным слоем, так

как беспрерывно поддерживаются в полуплавающем состоянии водой, проникающей в них под давлением снизу — образуется *притеррасное болото*, или *ключевое болото*.

Но если мы припомним то, к чему мы пришли при изучении водного и питательного режима притеррасной поймы, мы должны сделать тот вывод, что условия существования этого типа болота должны резко отличаться от тех же условий других типов болот, благодаря беспрерывному притоку к нему обильного количества питательных веществ и непрерывающемуся удалению восходящей струей воды продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, их населяющих.

Обилие притекающего материала, могущего служить пищей для растений, настолько велико, что на основе его развивается не только ряд сообществ высших растений. Рядом с ними и вполне независимо от них развивается ряд сообществ низших растений, не зависящих в своем питании и жизни от органического вещества, созданного развивающимися рядом с ними сообществами высших растений.

Это постоянное присутствие сообществ низших растений придает притеррасным болотам несколько чрезвычайно характерных и существенных черт.

## СООБЩЕСТВО ДИАТОМЕЙ И ИНФУЗОРНАЯ ЗЕМЛЯ

На основе обеспеченности притока растворенного в воде, богатого азотом, органического вещества, представленного здесь слабым, но непрерывно притекающим раствором гуминовой, ульминовой и местами креновой кислоты и на основе такого же постоянного притока слабого псевдораствора гидрозоля кремневой кислоты и в присутствии всех других необходимых зольных элементов пищи растений, развивается первое сообщество низших растений. Это — *сообщество диатомейных* водорослей, являющееся характерным спутником области притеррасной поймы, которое мы встречаем по самому краю области

у коренного берега долины и которое часто заходит в прилегающие к области овраги, придерживаясь всегда их береговой линии.

Под влиянием жизнедеятельности этого сообщества отлагается особое образование, носящее название *инфузорной* или *диатомейной земли*, *пресноводного треппела*, *опоки*, и состоящее из скопления бесчисленных кремневых оболочек диатомейных водорослей, повидимому, с постоянной примесью панцырей радиолярий и хитинных остатков мелких ракообразных.

Отложения инфузорной земли иногда достигают значительных размеров. Они то встречаются в чистом виде, то переслаиваются другими отложениями рассматриваемой области и прослойками делювиальных сносов с коренного берега, то погребены наслоениями торфа и делювия, представляя тогда чечевицеобразные отдельности, то прислонены к откосу коренного берега, то залегают на самой поверхности почвы области своего распространения. В последнем случае самый поверхностный слой их состоит из живых плазмолизирующих диатомей.

Отложения пресноводной инфузорной земли представляют светлую, желтоватую или буроватую мажущуюся массу, напоминающую мокрый подзол или мокрую серую глину. После высыхания эта масса обращается в чрезвычайно легкую, часто разорванную трещинами, белую, сероватую или желтоватую связную породу, иногда расслаивающуюся на пластинки, липнущую к языку и производящую впечатление большой сухости. При прокаливании инфузорная земля распространяет характерный запах, распространяемый при тех же условиях колониями бактерий.

Интересно постоянство присутствия в инфузорной земле свободной креновой кислоты, для получения которой она является прекрасным материалом. Но мы не располагаем никакими данными для суждения о роли и значении креновой кислоты в жизни сообщества диатомей, ни даже об источниках ее происхождения.

Сообщество диатомей, повидимому, строго приурочено к береговой линии притеррасного болота и не встречается в центральной части этой области, хотя нужно сделать оговорку, что детальное изучение центральной части притеррасных болот сопряжено с необычайными, часто непреодолимыми трудностями до тех пор, пока такое ключевое болото не осушено, осушка же производит такие изменения, что нужно быть крайне осторожным в выводах.

### СООБЩЕСТВО ЖЕЛЕЗОБАКТЕРИЙ И ОХРЯНЫЕ БОЛОТА

Другое растительное сообщество низших организмов, пользующееся, повидимому, гораздо более широким распространением, чем первое, это — *сообщество железобактерий*, процветающее в каждом притеррасном болоте в более или менее ярко выраженной степени.

Основанием для развития этого сообщества являются те же источники азота и зольной пищи, какие мы видели при разборе условий жизни предыдущего растительного сообщества. Но специфическое требование членов этого сообщества видов железобактерий (Crenothrix, Cladothrix, Chlamydothrix, Leptothrix)— наличность закисных солей железа — находит себе полное удовлетворение в области притеррасной поймы ввиду беспрерывного притока к ней апокрената закиси железа, выщелачиваемого из глеевого горизонта почв вышележащих внепойменных элементов рельефа.

Можно предположить, что материалом для дыхания железобактерий могли бы служить растворы сернокислой закиси железа и углекислой закиси железа. Но мне не удавалось выделить этих солей из почвенной воды этой области, несмотря на многократные попытки. Кроме того, чрезвычайно малая устойчивость этих солей в условиях проявления жизнедеятельности сообщества железобактерий делает мало вероятной возможность прочного существования организмов на основе такого мало постоянного фактора, между тем

как сообщество железобактерий как раз отличается чрезвычайной устойчивостью своего существования. Повидимому, при процессе своего дыхания железобактерии отщепляют закись железа от связанной с нею апокреновой кислоты, пользуясь ею как обычным источником азотной пищи, окисляют свободную закись железа до степени окисной железной соли железной кислоты ($Fe_2O_3FeO_4$), которая отлагается вокруг бактерий в форме капсуль, образуя рыхлую легкую массу *охры*.

Одновременно с охрой откладывается в свободном состоянии оставшаяся неразрушенной часть апокреновой кислоты. Охра притеррасных болот служит одним из лучших материалов для получения чистой апокреновой кислоты. Есть основание предполагать, что роль апокрената закиси железа может заменяться апокренатом марганца, о чем мы будем иметь случай говорить при рассмотрении почвообразования в зоне латеритных почв.

Образование охры и ее отложения представляют один из наиболее характерных признаков притеррасных ключевых болот. Иногда образование охры достигает грандиозного по своим размерам развития, причем отложения охры, или, вернее, охристого торфа, могут достигать мощности 2—3 м и площади, измеряемой десятками гектаров, давая основание называть такие отложения *охряными ржавыми* или *железистыми болотами*.

В свежем состоянии на поверхности болота охра имеет вид слизистого рыхлого осадка желтого, красного, бурого или малинового цвета, облекающего всю сопутствующую ей, обыкновенно сильно изреженную осоковую растительность. Масса охряного болота представляет жидкую топь, поддерживаемую в полувзмученном состоянии беспрерывным напором грунтовой воды, и такие болота совершенно недоступны в неосушенном состоянии.

Область отложения охры уже не приурочена, подобно области сообщества диатомейных, к полосе коренного берега

долины реки, а заходит и далеко вглубь болота. Надо предполагать, что причиной такого распространения сообществ железобактерий по всей территории болота является возможность доставления им дыхательного материала восходящим потоком грунтовой воды, которая в лесо-луговой зоне всегда содержит в растворе апокренат закиси железа. И очевидно, что в этом случае богатое развитие тех же организмов по периферической области болота не может служить фильтром, задерживающим приток жизненно важного элемента Обыкновенно развитие охряных бактерий происходит и по склону террасы, и вся толща делювиальных наносов ее испещрена желтыми и красными включениями охры.

После осушки охряное болото очень сильно уменьшается в объеме — садится, и в таком виде разрез его представляет рыхлую, легкую, сыпучую мажущуюся массу бурого или красного цвета, связанную остатками осок и других растений. Часто такая масса встречается погребенною наросшим на ней торфяным горизонтом.

## СООБЩЕСТВО СЕРОБАКТЕРИЙ

Изредка, и большей частью в очень ограниченном масштабе, представлено в области притеррасного болота третье сообщество низших растений — серобактерий (Beggiatoa), основывающих свое процветание на разложении сероводорода, получающегося в результате анаэробного разложения органического вещества. Выделяемая этим сообществом сера иногда покрывает отдельные участки болота белой пленкой, которая покрывает корни, живые части растений и органические остатки на дне неглубоких, наполненных водой понижений поверхности болота.

В лесо-луговой зоне сообщество серобактерий встречает себе могучего соперника, перехватывающего у него источник его энергии — сероводород,— это охра. Охра связывает сероводород, образуя с ним нерастворимое сернистое железо, которое

всегда в изобилии встречается в торфе притеррасного болота и во всех прилегающих к этой области почвенных образованиях.

## БАКТЕРИАЛЬНЫЙ ТОРФ

Четвертое образование, в высшей степени характерное для области притеррасного болота, представляет черно-бурое слизистое вещество, совершенно бесструктурное на ощупь, мажущееся как сливочное масло, вязкое и липнущее к лопате, изредка пронизанное прослойками яркожелтой или красной охры, серой инфузорной землей и белым, синеющим на воздухе, вивианитом.

На воздухе это вещество высыхает лишь с большим трудом, так что для объема его, представляющего призму длиною 50 см, шириною 27 см и толщиною 9 см, требуется около двух лет пребывания в комнате в непосредственной близости в течение зимних периодов от радиатора пароводяного отопления, чтобы придти в состояние воздушносухого вещества.

В сухом состоянии это вещество уменьшается весьма сильно в объеме и в весе, и его ранее сплошная масса вся расслаивается на бесчисленные пластинки, весьма легкие и по краям образующие выцветы белых солей. Основной цвет пластинок остается черно-бурым, но на поверхности пластинок резко выделяются древовидные красные и желтые сухие колонии железобактерий, голубые пятна вивианита, серые массы инфузорной земли и прослойки углеизвестковой соли. Выцветы солей представляют часто натриевую селитру, сернонатревую соль, но чаще всего состоят из гидрогеля кремневой кислоты.

При исследовании при слабом увеличении еще не высохшая масса представляется в виде хлопьев аморфного черного органического вещества. Лишь под иммерсионной системой в ней удается различить бесчисленное множество форменных элементов, часто образующих четкообразные скопления и по своему

наружному виду чрезвычайно напоминающих колонии бактерий с примесью обильного количества аморфного вещества.

При сжигании сухого вещества оно горит желтым коптящим пламенем и при прокаливании издает сильный запах горелого мяса, горящих дрожжей или вообще горящего обильного белками вещества.

По всем этим признакам, вместе взятым, я не могу назвать это вещество иначе, как *бактериальным торфом* (сапропель), состоящим из скопления колоссальной массы остатков бактерий.

Этот бактериальный торф встречается ясно заметными скоплениями преимущественно в береговой части притеррасной поймы, где он часто перекрывается делювиальными сносами.

Скопления бактериального торфа представляют результат той же равномерности обеспечения притока как растворимым азотистым органическим веществом, так и всеми минеральными веществами, необходимыми для жизни разнообразнейших низших растительных сообществ. Но особенно важно для процветания анаэробных организмов условие удаления продуктов жизнедеятельности, которые в противном случае являются причиной замедления и даже полного прекращения жизнедеятельности сообществ анаэробных бактерий. Это условие находит свое полное выражение благодаря поступлению в область притеррасной поймы беспрерывного тока грунтовой воды, которая, благодаря своему поступлению под напором со дна болота, легко промывает массу органического вещества. Этот напор не допускает плотного слегания мертвого органического вещества, благодаря чему промывание его происходит очень совершенно. Вместе с тем ток воды не вносит свободного кислорода, мешающего проявлению анаэробиозиса. Напротив, ток воды помогает его осуществлению, двигаясь в направлении, противоположном стремлению кислорода осмотически проникнуть в среду, и, беспрерывно внося в нее растворенную закисную соль железа, уничтожает всякую возможность

проникновения свободного кислорода в толщу органического вещества, так как весь кислород поглощается процессом биологического окисления соли закиси железа на поверхности.

## ПРОЦЕСС ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ЗОЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ В ПОЧВЕННОЙ ВОДЕ

Описанные выше отложения области притеррасной поймы имеют в основе своего образования процветание ряда сообществ низших растительных организмов, встречающих здесь конкретное осуществление оптимальных условий притока двух основных материальных факторов своего существования — воды и сложного фактора зольных элементов питания. Присутствие воды и зольных элементов допускает возможность полного в количественном отношении использования биологическими элементами области притока двух других энергетических факторов их существования — света и тепла или одного тепла, ограниченных строго определенными пределами географической области.

Но приток отдельных элементов, составляющих сложный фактор зольных элементов пищи, определяется, в свою очередь, двумя моментами — разложением органического вещества и процессами выветривания элементов материнской породы во всей области, тяготеющей к области притеррасной поймы в смысле стока воды поверхностной, почвенной и грунтовой.

Совершенно ясно, что даже под влиянием процесса разложения органического вещества количественное выражение притока различных зольных элементов к притеррасной пойме не будет отвечать во всех деталях средней потребности зольного питания растений. Быстрота движения растворов зольных элементов питания по направлению к притеррасной пойме должна быть различна и будет зависеть от сложного комплекса причин, исчерпать перечисление которых при современном состоянии наших знаний вряд ли представляется возможным.

Мы уже касались этого вопроса в главе об общих свойствах степного почвообразовательного процесса, и нам еще придется возвратиться к детальному исследованию его в главах, посвященных учению о почве как о массе. Здесь же укажем лишь на то, что в этом процессе особенной медленностью передвижения по направлению к склону отличается фосфор, жадно поглощаемый на своем пути всеми биологическими элементами области. Эта чрезвычайная потребность в фосфоре и определяет тот факт, что в почвенных водах всей области склонов мы не встречаем даже следов фосфора ни в минеральной, ни в органической форме. Только в эфемерных почвенных водах водораздела, при условии, если водораздел покрыт сомкнутым сообществом древесной растительности, мы встречаем заметные количества фосфора в минеральной форме, и всегда при условии наличности устойчивой кислой реакции как почвы, так и почвенной воды водораздела.

## ВИВИАНИТ

Другая область, где мы встречаемся уже с нахождением фосфора в количествах, не отвечающих нашим представлениям о значении фосфора в жизни биологических элементов земной поверхности, это — область притеррасной поймы. Здесь фосфор встречается часто в поражающих по своей грандиозности количествах в форме *вивианита* — водной фосфорнокислой закиси железа.

В области поймы вивианит встречается в двух формах.

Одна форма это — залежи вивианита непосредственно под пологом живого растительного покрова, иногда под прикрытием неглубокого слоя торфа. В таком виде вивианит встречается в области притеррасной поймы, лежащей между коренным берегом и притеррасной речкой, представляя рыхлую аморфную землистую массу от яркого лазорево-синего до тусклого серо-голубого цвета. В сухом состоянии масса пылит и пачкается и с трудом отчищается от запачканного предмета. Эти залежи

всегда приурочены к непосредственной близости коренного берега и, насколько можно судить по сравнительно небольшому числу наблюдений, не переходят за границы притеррасной речки.

В тех случаях, когда притеррасная речка не выражена, или в частях поймы, где она еще не обособилась в ясно выраженное русло, отложения вивианита внедряются и в область центральной поймы. Но здесь мы уже не встречаемся с залежами вивианита, а лишь с второй формой его — вкраплениями или с прослойками очень ограниченной массы. При этом на свежем разрезе такие отложения всегда представляются в виде бело-серой землистой массы, которая принимает синюю или голубую окраску лишь по прошествии нескольких часов.

Посинение вивианита на воздухе находит себе объяснение только в поглощении им кислорода воздуха. При этом не происходит окисления закисной соли железа, а лишь простое растворение газообразного кислорода в твердом теле — соли. Образуется так называемый твердый раствор кислорода в твердом теле.

В такой же форме вивианит встречается и в делювиальных глинистых сносах коренного берега, преимущественно в форме прослоек между отдельными слоями делювиальных глин, часто в отложениях инфузорной земли и в особенности вокруг элементов мертвого органического вещества, погребенных глинистыми сносами.

Происхождение фосфора в отложениях вивианита представляет чрезвычайный интерес как с точки зрения теоретической, так особенно с точки зрения агрономической.

## ВЫДЕЛЕНИЕ ФОСФАТОВ В ОРТШТЕЙНОВОМ ГОРИЗОНТЕ И ПРОЧНОСТЬ ЕГО ОТЛОЖЕНИЙ

Мы уже упоминали, что в области склонов грунтовые воды не содержат фосфора. При этом мы имели в виду состояние склонов, покрытых естественным растительным покровом. Ясно, что

вследствие покойного водного режима этих элементов рельефа весь фосфор, увлекаемый в раствор кислой почвенной жидкостью при подзолообразовательном процессе, оседает в области отложения ортштейна в форме трудно растворимых фосфатов извести и железа. В этом месте своего отложения трудно растворимые фосфаты вместе с гидратом окиси железа и углекальциевой солью облекаются несколько позже выпадающими коллоидальными осадками апокренатов окиси железа и извести. Запоздание выпадения апокренатов окиси железа и извести объясняется тем, что они выделяются под влиянием биологического процесса, тогда как отложение фосфатов есть простое следствие усреднения свободной креновой кислоты.

Обе упомянутые органические соли — апокренаты окиси железа и кальция всегда выпадают в форме аморфной массы гидрогеля, облекающего выпадавшие фосфаты, окись железа и углеизвестковую соль абсолютно нерастворимой в воде коллоидальной пленкой органических солей. В такой форме отложения фосфатов обеспечены от абиотического выщелачивания.

## КРУГОВОРОТ ФОСФОРА

Здесь возможно лишь разрушение азотистых органических веществ микоризой корней микотрофно питающихся растений и передвижение ими фосфора опять в верхние горизонты почвы. Другими словами, возможен лишь малый круговорот фосфора в пределах двух почвенных горизонтов и одного надпочвенного — биосферы.

Несомненно, что часть фосфора из области водораздела будет увлечена порывистым водным режимом в трещины и щели основной морены. Но допустить даже минимальную его потерю в область грунтовой воды совершенно не представляется возможным, так как на пути его развита густая сеть корней древесной растительности, особенно сильно развивающейся как раз по трещинам породы, отчасти вследствие явления

хемотаксиса. *И отсутствие следов фосфора в грунтовых водах, равно как и в артезианских водах, служит наилучшим признаком отсутствия примеси к воде поверхностных загрязнечных вод.*

Но в области склонов может развиться явление, которое внушает сильное опасение относительно своего влияния на круговорот фосфора вообще и на участь сельскохозяйственной жизни страны в частности.

На элементах склона в более или менее сильной степени развит ток почвенной воды по направлению падения склона. Ясно, что во время малого круговорота фосфора, в те моменты, когда он находится в форме раствора минеральных солей, т. е. при явлениях аэробного бактериального или грибного разложения органического вещества, раствор его будет передвигаться мелкими этапами по направлению общего тока грунтовой воды до тех пор, пока он вновь не перейдет в форму органического вещества или не будет облечен нерастворимой в воде оболочкой органических солей в ортштейновом горизонте.

Только этим явлением можно объяснить прогрессивное обогащение горизонта ортштейна фосфором по мере приближения к третьей трети склона, где содержание фосфора может достигать 9—14—17% веса сухого вещества ортштейна.

Очевидно, что чем больше будет промежуток времени, в течение которого фосфор будет оставаться в форме минеральной соли, тем быстрее будет темп движения его вниз по направлению к притеррасной пойме и крутому склону террасы реки.

Само собою понятно, что чем беспрерывнее совершается развитие высших биологических элементов в области склона, тем медленнее будет совершаться процесс выщелачивания фосфора. Это тем более ясно, что в процессе большого круговорота фосфора принимает участие не только флора, но и фауна области, поедающая надземные органы растений и вновь разносящая стремящийся к реке фосфор во всех отбросах своего организма и в своих трупах по всей области. Даже тот фосфор, который уже попал в реки, усваивается из воды ее фитопланктоном

и флорой и через организмы зоопланктона и рыб и питающихся ими птиц и четвероногих, равно как и человека, вновь разносится по всей области.

## УЧАСТЬ ФОСФАТОВ В ТРЕТЬЕЙ ТРЕТИ СКЛОНА

В третьей трети склона имеется наличность еще одного фактора, влияющего весьма сильно на движение фосфора по элементам рельефа. Это — прогрессивное развитие глеевого горизонта, сущность которого состоит в восстановлении солей окиси железа в соли закиси, равно как и гидрата окиси железа в гидрат закиси его.

Восстановление окиси железа в закись, повидимому, мало влияет на содержание железа в ортштейновом горизонте. Но восстановление апокрената окиси железа в ту же соль закиси железа уже вносит существенное изменение ввиду сравнительно легкой растворимости последней соли. В присутствии огромного количества воды, скопляющейся в почве нижних элементов склонов, начинается резко выраженное растворение органической соли железа, снабжающей, как мы видели выше, целое сообщество железобактерий их специфическим источником энергии, и панцырь органического вещества, защищавший фосфаты от выщелачивания, постепенно уничтожается.

Ортштейновый горизонт начинает постепенно, начиная с низшей точки склона, как бы рассасываться и лишается прежде всего наиболее существенного своего элемента — органической соли железа. Горизонт ортштейна начинает *«выветриваться»*, рыхлеет, обращается во все более определенно выраженный перегнойный, или гумусовый, ортштейн и заметно светлеет не только во влажном состоянии от перехода окиси железа в закись, но и после высыхания и неминуемо связанного с этим обратного окисления соли закиси железа в окисную.

Лишившись своего покрова, не только облекавшего и механически защищавшего соли фосфорной кислоты, но и создавшего, благодаря своей колоссальной влагоемкости, обстановку

почти полного застоя воды, фосфаты кальция и железа оказываются в условиях уже заметно движущейся воды, насыщенной углекислотой, и начинается их постепенное выщелачивание.

Фосфат кальция в притеррасной пойме, а отчасти и в области склона и частью в пограничной области центральной поймы попадает в почву, пропитанную с поверхности продуктами аэробного распада органического вещества и продуктами окисления огромной массы сернистого железа, содержащегося в торфе притеррасной поймы не только в виде черного аморфного порошка, но и в виде древовидных кристаллов микроскопических размеров и даже в виде крупных, ясно заметных невооруженным глазом кристаллов марказита. Кроме того, здесь же всегда присутствует сера, имеющая вид молочно-белого налета и прослоек или встречающаяся также и мелкими кристаллами.

## ОТЛОЖЕНИЕ ВИВИАНИТА

Путем обмена из всего комплекса веществ образуются фосфат железа и сернокальциевая соль — гипс, всегда встречающийся в почве и торфе этой области. Попавший в почву и торф этой области фосфат железа и дает материал для развития отложений вивианита.

Ближайшие причины отложения вивианита в области притеррасной поймы еще совершенно не изучены.

Было бы, конечно, проще всего предположить, что под влиянием анаэробного процесса происходит восстановление фосфата окиси железа в водный фосфат закиси железа. Но такое априорное предположение пригодно лишь как общая схема, и далеко не объясняет многих особенностей отложения его.

Остаются совершенно темными причины скопления его часто огромными толщами в самых поверхностных горизонтах торфа по краям коренного берега, в области, где скорее можно ожидать заноса его толщ делювием и где сосредоточиваются условия его легкого растворения в воде, содержащей не только

угольную, но всегда и креновую кислоту и находящейся в состоянии беспрерывного в течение всего года движения.

Совершенно неясна причина изумительной равномерности отложения его второй формы между комками зернистой поймы, где скорее можно ожидать условий аэробиозиса, или в прослойках делювиальных глин, в которых он отлагается вокруг погребенных делювием кусков коры и других органических остатков.

Нам останется только констатировать факт существования в области притеррасной поймы каких-то причин, играющих роль могучего задерживателя фосфора, стремящегося вымыться из почвы под влиянием преобладания в ней абиотических факторов.

## НАРУШЕНИЕ КРУГОВОРОТА ФОСФОРА ПРИ ЗЕРНОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Весь ход большого круговорота фосфора сразу меняет свой темп, как только область склонов подвергается сельскохозяйственной культуре. Однолетние культурные растения все созревают естественно или «созревают» при помощи искусственной меры — уборки в середине или в конце лета, когда влажность почвы достигает своего минимума именно благодаря зрелости культурного растения, истребившего весь запас воды на создание своего урожая. Поэтому все мертвые органические остатки этих растений разлагаются в почве в ярко выраженной аэробной обстановке, все элементы органического вещества их минерализуются, и наступающие осенние дожди начинают вымывать все без исключения зольные элементы разложившегося органического вещества по направлению к притеррасной пойме и к крутому склону террасы. А так как живые биологические элементы представлены в это время почти исключительно элементами микрофлоры почвы, то рождается грозная опасность абсолютной потери основного и единственно реального богатства страны — зольных элементов пищи растений.

И всюду там, где элементы склона распаханы до последних возможных пределов, отложения вивианита представлены особенно рельефно.

* * *

## ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ УГЛЕИЗВЕСТКОВОЙ СОЛИ ИЗ ПОЧВЫ И ПОРОДЫ

В числе элементов, происходящих как путем разложения мертвых органических остатков растений, так равно и путем остаточного выветривания и выщелачивания материнской породы, как под влиянием процессов почвообразования, так и путем воздействия абиотических процессов, видное место по своей распространенности в природе занимает углеизвестковая соль. Особенно видное место приобретает эта соль в случае исключительного или преобладающего участия карбонатных пород в образовании основной морены.

Ток почвенной воды, насыщенный при наличных термодинамических условиях углекислотой, растворяет углекальциевую соль и увлекает ее с собой. При этом количество растворимой в воде углекислоты растет по мере понижения температуры. Растворимость углеизвестковой соли также растет, так как процесс растворения углеизвестковой соли в воде, содержащей в растворе углекислоту, состоит в образовании кислой соли, растворимой в воде легче обычной средней соли, но крайне непостоянной. Поэтому летом атмосферная вода, проникающая в почву, насыщается углекислотой все более по мере углубления в более холодные горизонты почвы как по причине падения температуры, так и вследствие увеличения парциального давления углекислоты в нижних, труднее проветриваемых горизонтах почвы.

Ясно, что наиболее сильное выщелачивание углеизвестковой соли из почвы будет происходить в области водораздела, где и большее количество воды промывает почву, и вода эта про-

никает глубже. По мере дальнейшего движения воды по склону часть углеизвестковой соли будет вновь выпадать в осадок в результате повышения температуры почвенной воды, входящей во все более высокие и более теплые горизонты почвы. Этим, как мы увидим ниже, до известной степени объясняются повышение прочности структуры дернового горизонта почв по мере приближения к нижним элементам склонов и структурность делювиальных глин.

## ОТЛОЖЕНИЕ ЛУГОВОЙ ИЗВЕСТИ ИЛИ ЛУГОВОГО МЕРГЕЛЯ

Наконец, вода, насыщенная углекислотой и кислой углеизвестковой солью, выклинивается на поверхности почвы притеррасной области поймы. Очевидно, что резкое изменение условий должно вызвать и резко выраженные последствия.

Прежде всего, летом под влиянием согревания холодной ключевой воды должно выделяться значительное количество углеизвестковой соли в форме мелкого аморфного порошка.

Далее растения, омываемые содержащей углекислоту водой, поглотят своими зелеными частями оставшуюся углекислоту. Это вызовет осаждение оставшейся в растворе части углеизвестковой соли, причем эта последняя часть углекислого кальция осядет на тех элементах, под влиянием которых вода лишилась углекислоты, т. е. на зеленых частях растений. В результате этого процесса среди массы аморфной углеизвестковой соли отлагается также и туфовидная ее масса, представляющая точные отпечатки зеленых мхов, листьев и стеблей осок и злаков, одним словом — всей флоры прибрежной части притеррасного болота.

Под влиянием условий влажности беспрерывного притока раствора извести и богатой флоры разовьется и богатая фауна моллюсков, обладающих известковыми раковинами. И пустые раковины отмерших моллюсков также представляют видную интегрирующую часть образующихся отложений.

На основе богатой флоры и фауны развивается и не менее

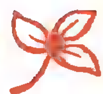
богатая фауна ракообразных и червей, и их хитинные скелеты также в изобилии входят в состав залежей так называемой *луговой извести*, или *лугового мергеля*.

В эту же массу входят и глинистые делювиальные сносы, и остатки растений, здесь же отлагается и охра. В результате получается часто многометровая толща мягкой породы белого, серого или желтого цвета, часто с прослойками торфа или охры, иногда аморфной, иногда туфовидной, иногда с примесью раковин, иногда состоящая из сплошной массы раковин. В сыром состоянии порода совершенно мягкая и свободно режется лопатой и ножом. После высыхания она или превращается в землистую пылящую массу, или же превращается в плотный камень, который с течением времени приобретает все большую твердость.

Отложения луговой извести большей частью содержат то или иное количество апокрената кальция. Но найти достоверного объяснения причин его осаждения в притеррасной пойме я не могу, кроме того, что в массе мергеля идет жизнь анаэробных бактерий, которые должны найти в этой среде благоприятные условия для своего существования. Приток пищи обеспечен, приток источника энергии также обеспечен вследствие постоянного присутствия растворенного в воде органического вещества. Выделяемая анаэробными бактериями ульминовая кислота должна немедленно нейтрализоваться углеизвестковой солью.

Если это так, то в случае наличия на вышележащих частях склона покрова леса не исключена возможность проникновения в массу мергеля с током почвенной воды раствора крената извести или свободной креновой кислоты, которая немедленно будет также обращена в кренат извести. Кренат извести анаэробной флорой будет немедленно восстановлен в апокренат, так как он представляет единственный источник кислорода, как пищи для анаэробных бактерий.

Но приведенное объяснение мною еще недостаточно проверено, чтобы считать его верным.



*ГЛАВА ДВАДЦАТАЯ*

# ОБЛАСТЬ ПРИТЕРРАСНОГО БОЛОТА

## ОСОБЕННОСТИ ПРИТЕРРАСНОЙ РЕЧКИ

Беспрерывный и неограниченный приток воды и питательных веществ, направляющийся в течение круглого года к области притеррасной поймы, питает не только ряд сообществ низших растений, не только откладывает залежи питательных веществ. Он служит питанием и создает благоприятную обстановку жизни для целого ряда сообществ высших растений, образующих сложный комплекс сообществ притеррасного болота.

Условия постоянства притока питательных веществ не могут, однако, привести к концентрации вредного максимума питательных веществ, вследствие наличности превосходных условий отвода воды и избытка питательных веществ, осуществляемых в высшей степени при помощи притеррасной речки или, в случае ее отсутствия, тальвега притеррасной поймы. Благодаря сложившимся условиям, часть притекающих веществ отлагается или в форме органического вещества, или в форме нерастворимых минеральных веществ, или же немедленно отводится притеррасной речкой в реку.

Присутствие большого количества зольных элементов пищи растений, вымываемых из притеррасной поймы через притеррасную речку, придает последней совершенно своеобразный вид.

Мы уже указывали на особенности дна речки, на котором не может скопиться мертвое органическое вещество или ил. Беспрерывный восходящий ток грунтовой воды промывает песок, по которому течет речка, и местами на дне чисто отмытый крупный песок находится в беспрерывном движении — это ключи грунтовой воды.

Вода притеррасной речки обладает постоянной температурой, определяемой обильным притоком грунтовой воды. Зимой вода притеррасной речки никогда не замерзает, и только в самые сильные морозы появляется ледок у берегов, где движение воды достигает минимальной скорости. Вследствие же контраста температур летом вода притеррасной речки кажется очень холодной. Зимой во льду главной реки в месте впадения в нее притеррасной речки образуется удлиненная и постепенно суживающаяся вниз по течению реки *полынья*. Ночью летом и в морозы зимой над руслом речки стоит туман.

## ФЛОРА ПРИТЕРРАСНОЙ РЕЧКИ

На первый взгляд явление чистоты речки представляется противоречащим богатой флоре ее. Обыкновенно лишь средняя линия течения речки бывает свободной от растительности вследствие быстроты течения. Прибрежные же части, особенно близ поворотов речки по большой дуге, зарастают обильной флорой водных растений, все органы которых отличаются отсутствием на их поверхности каких бы то ни было отложений.

Большинство растений сообщества притеррасной речки прикреплено к берегам ее, и только среди зарослей такой растительности мы встречаем плавающие растения. У самых берегов густой колышащейся зарослью вьются по течению речки листья манника (Glyceria fluitans R. Br.) и между его листьями возвышаются цветы лютиков (Ranunculus circinatus Sibth. и R. aquatilis L.) и водяной гречи (Polygonum amphi-

bium L.). За ними следуют густые заросли рдестов (Potamogeton) и элодеи (Elodea canadensis Rich.), еще дальше в область быстрой воды проникают кувшинки (Nymphea alba L., N. candida Presl. и Nuphar luteum Sibth. et Sm.). Среди этой растительности плавают кусты водокраса (Hydrocharis morsus ranae L.), ряски (Lemna trisulca L.) и в местах затишья после каждого поворота русла целые заросли телореза (Stratiotes aloides L.). На попадающих в речку упавших стволах ольхи пышно развивается речная губка — бодяга, на нижней стороне листьев плавающих растений — речная гидра и на дне — раковины речных моллюсков, в числе которых и наша северная жемчужина (Margaritana margarifera).

Богатая растительность и фауна притеррасной речки ясно говорят о значительном количестве притекающей пищи, и с источниками ее мы познакомимся несколько дальше.

Сообщества притеррасного болота ясно делятся на зоны. Так как условия притока воды и зольных элементов пищи растений отличаются большим постоянством, то, в отличие от других природных сообществ, растительные сообщества притеррасного болота не претерпевают каких-либо быстрых изменений ни во времени, ни по площади, ими занимаемой. Постоянство условий жизни болота определяется обширностью бассейнов, к которым тяготеют питающие болото воды и на больших протяжениях которых все элементы, влияющие на колебание этих условий, элиминируются, встречаясь с влиянием сопротивления поверхности и массы породы. Процесс прогрессивной или регрессивной эволюции притеррасного болота находится в зависимости только от развития внешних био-геологических условий всей страны, которые должны быть настолько глубоки, чтобы повлиять на изменение климата и водного режима страны или рельефа местности, ибо только под влиянием этих элементов может измениться общая сумма количественного притока воды и питательных веществ с больших водосборных площадей притеррасной поймы.

В дальнейшем изложении мы все время будем иметь в виду описание и анализ условий существования сообществ высших растений притеррасной поймы в наиболее полном случае их поочередной смены в пространстве. Следует, однако, иметь в виду, что не во всех случаях природного проявления рассматриваемой области мы должны обязательно встретить всю полноту комплекса. Часто не только отдельные члены всего комплекса сообществ, но даже целые группы таких членов могут отсутствовать в зависимости от степени выраженности тех условий, которыми вызывается существование отсутствующих или подавленных в своем развитии членов.

## СООБЩЕСТВО ЗЛАКОВ ЛЕГКОГО СЕНА

Первым сообществом, которое мы встречаем по береговой линии притеррасной поймы, является группа с сильнейшим преобладанием злаков, которые хорошо известны в хозяйстве, как дающие так называемое *легкое сено*, пользующееся заслуженной дурной славой, как корм малопитательный, при значительном употреблении которого замечаются случаи ломкости костей у животных, им питающихся.

Это сообщество состоит из двух групп растений. Основная масса — крупные злаки, представленные видами трезубки (Scolochloa festucacea Link.), высокого манника (Glyceria aquatica Wahlbg.), водяного мятлика (Catabrosa aquatica Pal. Beauv.), водяного риса (Leersia oryzoides Sw.), лесного мятлика (Poa Chaixi Vill.) и Atropis distans Gries., а в случае сильного развития в этой области луговой извести и Sesleria coerulea Scop. К этой основной массе — фону сообщества в значительной степени примешаны представители второй группы — виды хвощей (Equisetum silvaticum L., E. palustre L.), белокрыльник (Calla palustris L.), несколько видов ситников (Iuncus), небольшое количество осок (Carex) и очень часто, особенно на черноземе, чемерица (Veratrum album L.).

Общим признаком, указывающим на причины, связывающие

всех этих членов в одну группу, является очень ярко выраженное развитие воздухоносной системы, которая представлена здесь уже не просто развитой аэренхимой или усиленной сетью межклеточных пространств, а вполне обособившейся системой воздухоносных каналов. Эти каналы развиты во всех тех органах, у которых в эпидермисе имеются устьица. У этих растений устьица расположены параллельными рядами. Полости устьиц расположены непосредственно над полостями воздухоносных каналов в один ряд на лентообразных и цилиндрических органах и в два ряда на ребристых стеблях хвощей. В случае ребристого стебля хвоща воздухоносный канал лежит большей частью под ребрами, высшая точка которых занята пучком механической ткани, а устьица располагаются в два ряда с той и другой стороны каждого ребра. Воздухоносные каналы пронизывают все листья и стебли всех растений рассматриваемого сообщества и проникают непрерывной сетью вплоть до тончайших разветвлений корней.

### РОЛЬ ВОЗДУХОНОСНОЙ СИСТЕМЫ ЗЛАКОВ ЛЕГКОГО СЕНА

Смысл и значение такого развития воздухоносной сети очевидны. Надо помнить, что описываемое сообщество представляется первым по порядку в направлении от пологого склона террасы, и ему приходится первому воспринимать притекающие со склона все как положительные, так и отрицательные элементы жизни растительности притеррасного болота.

Мы уже познакомились с положительными элементами — водой и питательными веществами, притекающими со склона. Мы знаем также, что все положительные элементы жизни после превышения известной величины их количественного выражения или притока должны приобрести значение отрицательных элементов. Влияние избытка питательных веществ в разбираемом случае парализуется большим количеством притекающей воды, беспрерывно поддерживающей определенную концентрацию среды и не допускающей вредного увеличения концен-

трации почвенного раствора путем беспрерывной промывки всей массы почвы восходящим током воды.

Но та же вода вносит в среду, в которой развиваются корни растений притеррасного болота, несмотря на быстроту своего движения, и отрицательные элементы. Притекающая вода совершенно лишена кислорода, и корни растений не могут в ней дышать. Но кроме того, как со стороны склонов с почвенной водой, так и снизу с грунтовой водой беспрерывно проникает и вещество, даже в самых малых дозах ядовитое для высших растений,— *соль закиси железа*. В присутствии этой соли в почвенном растворе всякое высшее растение неукоснительно гибнет.

Очевидно, что прежде всего развитие воздухоносной системы имеет свое совершенно ясное назначение. При ее помощи растения этого сообщества доставляют кислород для дыхания корней в условиях анаэробиозиса, без чего корневая система не была бы в состоянии использовать богатого притока зольных элементов пищи.

Но если мы обратим внимание на корневую систему этой растительности в ее естественной обстановке и на почву, пронизанную этими корнями, то мы получим совершенно ясные указания и на другую сторону роли этой системы каналов.

Темная масса минеральных делювиальных сносов или торфа этой области всегда пронизана очень густой сетью жилок яркожелтого или красного цвета. При ближайшем исследовании окажется, что все корни растений изучаемого сообщества окружены более или менее толстыми футлярами или яркожелтой рыхлой охры или темнокрасными образованиями, напоминающими трубочки из слабо обожженной глины.

### ОРТШТЕЙН ВТОРИЧНОГО ЗАЛЕГАНИЯ

Сразу напрашивается простое объяснение, что под влиянием обильного притока кислорода к корням этих растений происходит простое окисление растворенной закисной соли железа в окисную, окрашенную в яркие цвета окисных солей.

Если это предположение верно, то очевидно, что притекающая закисная соль апокрената железа, окислившись, должна образовать окисную соль апокрената железа. Другими словами, в области притеррасной поймы должно происходить *вторичное отложение ортштейна*, состоящего исключительно из апокрената окиси железа.

Действительно, исследование каменистых трубочек, о которых только что упоминалось, показывает, что они состоят из апокрената окиси железа, склеивающего окружающую породу.

Это явление образования трубочек хорошо известно в горшечном деле, для которого пригодны тонко отмученные и восстановленные делювиальные глины. Такие пласты их, обыкновенно залегающие сверху и пронизанные этими образованиями, носят название «глины с трубочкой» и бракуются для целей производства. Подобные же трубочки отлагаются и в торфе в тех же условиях, но, по понятным причинам, они отличаются гораздо большей рыхлостью.

При укладке в рыхлые штабели глина с трубочкой, вынутая глубокой осенью, разрыхляется морозами. После того она подвергается на следующее лето нескольким поливкам навозной жижей. Трубочки «выветриваются», делаются рыхлыми и при мятье глины уничтожаются. В этом случае аэробные бактерии, вносимые с навозной жижей, разрушают апокреновую кислоту и в рыхлой глине остается только окись железа.

Разрушение апокреновой кислоты трубочек может происходить и под влиянием микоризы микотрофных растений, использующих богатый запас азота апокреновой кислоты.

В этом случае трубочки утрачивают свою плотность и в условиях природного залегания.

Но, кроме трубочек разной консистенции и размера, мы видим и образование охры. Охра образуется путем простого окисления апокрената закиси железа, благодаря развитию железобактерий на основе богатого азотного питания апокреновой

кислотой, богатого притока элементов зольного питания и присутствия материала для их дыхания — закисной соли железа. Этот же процесс часто в значительном размере развивается на поверхности болота в условиях свободного притока кислорода. Приток же кислорода в толще почвы обеспечивается воздухоносной системой растений рассматриваемого сообщества, и благодаря ему осуществляются все условия существования железобактерий, под влиянием которых и происходит оздоровление всей почвы — уничтожение ядовитой закисной соли железа.

Это — пример полного осуществления условий симбиотического сожительства двух групп растений. Однако обезвреживание среды от притекающего со стороны ядовитого вещества касается не только членов этого сожительства, но и всей флоры притеррасной поймы, расположенной в [местах] более удаленных от периферических частей ее, и рассмотренное сообщество играет роль как бы защитного авангарда болота.

Присутствие сильнейше развитой системы каналов придает всем органам растений рассматриваемого сообщества большой объем, не соответствующий весу массы органического вещества, ими производимого. Это становится особенно заметным после высушивания их, что и заслужило сену, получаемому из этой области, название «легкого» сена.

Ясно также, что неограниченный приток гидрозоля кремневой кислоты, а также и обильное содержание извести в беспрерывно притекающей воде не могут не отразиться на сильном увеличении элементов золы в растениях, в особенности богатых кремневой кислотой. Кремневая кислота в этой зоне пропитывает все отложения и растений и почвы, в числе последних и трубочки апокрената окиси железа, и после разрушения в них органического вещества придает им характерный серый цвет.

### РОЛЬ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА ПРИТЕРРАСНОГО БОЛОТА

Если вдуматься в роль только что рассмотренного краевого сообщества растений притеррасной поймы, то станет ясным, что услуга, оказываемая им остальным центральным сообществам растений той же области, покупается последними очень дорогой ценой. Окисляя апокренат закиси железа в такую же соль окиси железа, это сообщество одновременно совершенно прекращает приток к центральной области притеррасного болота единственного источника связанного азота — апокреновой кислоты.

Так как ни апокреновая кислота, ни ее окисная соль железа не растворимы в воде и так как в условиях анаэробиозиса в среде не может образоваться аммиака, способного дать с ней растворимую соль, и в тех же условиях из нее не может образоваться нитратов, то разложение ее пойдет с образованием свободного азота и азота органического вещества — ульминовой кислоты.

Таким образом, ясно, что в условиях центральной области притеррасной поймы растительные сообщества будут испытывать нужду в азотной пище. Эта нужда будет особенно острой потому, что приток элементов зольного питания к этой области очень велик и относительный недостаток азота будет резко выражен.

Чтобы ясно представить несоответствие между наличностью зольной минеральной пищи и азотом в центральной области притеррасного болота, нужно помнить, что анаэробное разложение органического вещества этого болота идет при совершенно исключительных условиях.

Мы уже упоминали в главе об общих свойствах болотного периода дернового процесса, что неизбежным спутником накопления органического вещества, особенно травянистых растений, является присутствие застойной воды, неподвижность которой определяется громадной влагоемкостью мертвого органического вещества. Эта неподвижность воды определяет,

в свою очередь, невозможность удаления ульминовой кислоты, благодаря накоплению которой разложение органического вещества в природных условиях периодически останавливается.

Остановка разложения, определяющая собою переход зольных элементов пищи растений в длительно сохраняющуюся форму органоминеральных соединений, приводит к неизбежной смене растительных сообществ и в конечном результате к образованию мохового болота.

## КЛЮЧЕВЫЕ ТОПИ И ПРОТОКИ

В рассматриваемом случае притеррасного болота мы встречаем наличность совсем иных условий анаэробного разложения. Органическое вещество накопляется в присутствии сильного и беспрерывного восходящего тока грунтовой воды, совершенно лишенной кислорода и не могущей поэтому нарушить условий анаэробиозиса, но не допускающей плотной осадки мертвого органического вещества.

Эта рыхлость залегания органического вещества настолько характерна, как признак этих болот, что на народном языке они носят название «*топей*». Ходить по ним совершенно невозможно. Передвижение и исследование возможно только на плоскодонных ивовых долбленых челнах по чрезвычайно извилистым и запутанным «*протокам*», сообщающимся с притеррасной речкой. Движение воды в этих протоках часто бывает очень быстрым. Протоки не замерзают даже в самые сильные морозы и изобилуют рыбой (линем, карасем, щукой, которые достигают здесь чрезвычайно больших размеров, благодаря чрезвычайному изобилию как растительной, так и животной пищи в виде бесчисленной массы насекомых и их личинок, моллюсков, ракообразных и червей). Цвет воды протоков, желтоватый во всякое время года, зависит от растворенной в ней ульминовой кислоты, которая беспрерывным током восходящей грунтовой воды уносится из области притеррасного болота к притеррас-

ной речке и оттуда в реку. Результатом такой беспрерывной промывки органического вещества от образующейся ульминовой кислоты является непрекращающееся анаэробное разложение его. По берегам протоков и самой речки к этому разложению присоединяется и аэробное, благодаря насыщению кислородом воздуха быстрой воды открытых протоков и речки.

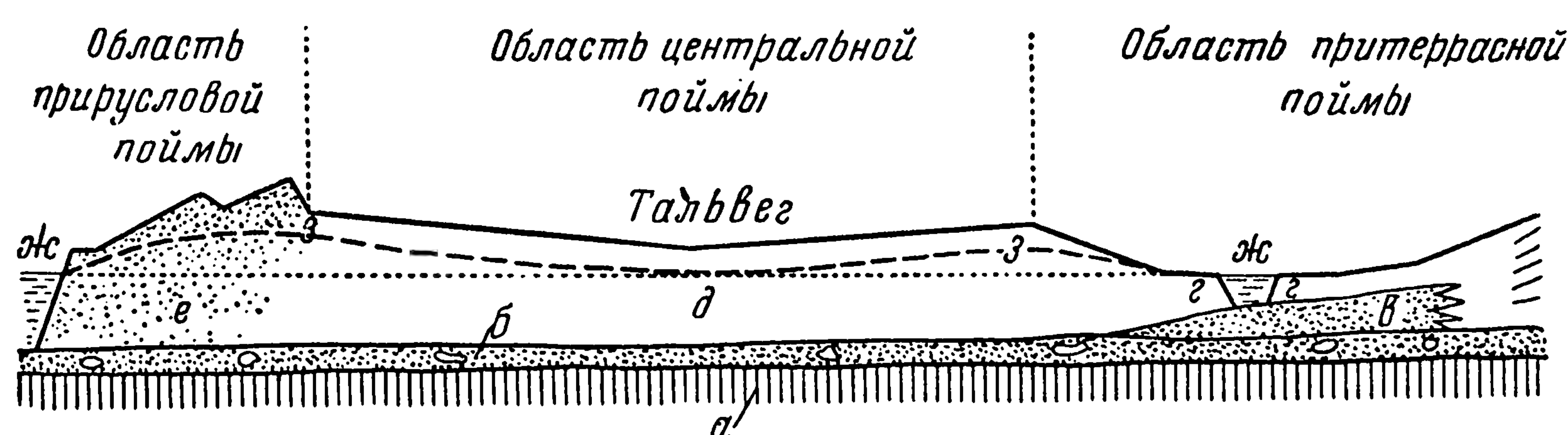



Рис. 21. Схема разреза областей поймы по линии АБ рисунка 18 (стр. 834)

*а* — коренная порода; *б* — нижние валунные пески; *в* — притеррасный плывун; *гв* — притеррасный торф; *д* — зернистая пойма; *е* — прирусловые пески; *жж* — горизонт воды реки притеррасной речки; *зз* — уровень почвенной воды.

Результаты таких условий залегания болота очевидны. Благодаря беспрерывному удалению ульминовой кислоты анаэробное разложение органического вещества идет непрерывно, и поэтому накопление его большими массами исключено На притеррасном болоте устанавливается известного рода равновесие между образованием и разложением органического вещества. При подобных условиях рост болота в высоту, достигнув известного предела, останавливается. Этот предел роста притеррасного болота в высоту, повидимому, определяется высотой уровня подпорной грунтовой воды, притекающей снизу, судя по тому, что во всяком шурфе или в буровой скважине, производимой там, где условия залегания торфа это допускают, уровень грунтовой воды немедленно достигает уровня поверхности болота и здесь останавливается (см. рис. 21).

## ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ПРИТЕРРАСНОГО БОЛОТА

Таким образом, условия питательного режима притеррасного болота ясно вытекают из разобранных условий. Приток питательных веществ определяется беспрерывным притоком почвенной воды. Притекающая же под давлением снизу грунтовая вода уносит вместе с тем как ульминовую кислоту, так и все другие растворимые продукты анаэробного распада органического вещества по направлению к протокам болота и притеррасной речке.

Беспрерывный поток почвенной воды вносит непрерывной струей растворимые продукты аэробного и анаэробного распада органического вещества, вымытые из почвы всей территории, тяготеющей в смысле стока почвенной воды к области поймы. Этот поток почвенной воды в краевой зоне болота освобождается от ядовитых закисных соединений железа и, разливаясь по поверхности болота, вымывает в том же направлении к притокам и притеррасной речке все растворимые в воде продукты аэробного распада органического вещества на поверхности болота.

В этом источнике питательных веществ будет наблюдаться несомненный перевес зольных элементов над азотистыми минеральными соединениями, так как при преобладающем анаэробном разложении азот будет освобождаться из органического вещества в форме свободного азота и азота ульминовой кислоты. Азот, притекающий с почвенной водой, целиком задерживается в прибрежной зоне болота, нитраты же, происходящие от бактериального аэробного разложения органического вещества на поверхности болота, будут частью вымываться потоком почвенной воды, частью разрушаться, попадая в область анаэробного разложения.

Другим источником зольных элементов будет богатый запас ежегодно отлагающегося мертвого органического вещества растительности притеррасного болота. Это органическое вещество

залегает в условиях, особенно благоприятных для деятельности мицелия микоризы микотрофно питающихся растений, так как обильный поток грунтовой воды будет беспрерывно частью уносить образующуюся при жизнедеятельности грибов микоризы креновую кислоту, частью нейтрализовать ее приносимой водой углеизвестковой солью и уносить ее в виде креновой соли извести, быстро восстанавливаемой в анаэробной среде болота в апокреновокислую известь. Апокреновокислая известь является одной из наиболее характерных составных частей плотного остатка воды, вытекающей из притеррасного болота, и входит в значительных количествах в состав минеральной части торфа притеррасного болота.

## ЗОНЫ ПРИТЕРРАСНОГО БОЛОТА

Вдумываясь в условия зольного и азотного питания притеррасной области поймы, мы должны придти к выводу, что, кроме разобранной уже краевой зоны, мы можем ожидать существования двух других зон с различными условиями питания — центральной и прибрежной по отношению к берегу притеррасной речки и протоков, в нее впадающих. Обе эти зоны будут находиться в одинаковых условиях водного режима, регулируемого притоком подпорной воды, но в несколько различных условиях зольного и азотного питания.

Ясно, что прибрежная зона будет местом обильного притока минерализированных элементов зольного питания, сносимых с поверхности всей центральной части и проносимых мимо нее водой протоков и речки. В числе элементов питания будут и нитраты, обеспечивающие азотное питание и сохраняющиеся в движущейся воде протоков и речки.

Центральная область будет обеспечена зольными элементами пищи растений преимущественно в форме органоминеральных веществ торфа, так как минеральные продукты аэробного рас-

пада органического вещества будут беспрерывно вымываться к периферии в область речки и протоков. Азотное же питание будет находиться в критическом положении, ибо азотистые продукты аэробного распада органического вещества будут или выноситься к краям болота или распадаться, если они попадут в массу торфа.

## БОБОВЫЕ ПРИТЕРРАСНОЙ ПОЙМЫ

Под влиянием критического недостатка азота, необходимого для питания автотрофно питающейся группы растений, которая встретит в центральной области притеррасной поймы все условия для своего развития, кроме минеральной формы связанного азота, мы и встречаем в центральной области притеррасной поймы богатое развитие бобовых растений, пользующихся всяким возвышением почвы болота в виде кочек, гниющих пней и поваленных стволов деревьев для своего развития.

Бобовые представлены здесь преимущественно тремя видами. Преобладающей всегда является болотная чина (Lathyrus palustris L.), за ней следует шведский клевер (Trifolium hybridum L.) и гораздо реже представлена лесная чина (Lathyrus silvestris L.). Также встречаются сочевичники (Lathyrus vernus Berth. и L. luteus Gren.).

Не исключена возможность спорадического проявления и лугового клевера (Trifolium pratense L.) и в притеррасных болотах Полесья пятилистного клевера (Trifolium lupinaster L.)

Присутствие бобовых является одной из наиболее типических черт центральной области притеррасного болота.

Кроме вышесказанного, вся флора растительного сообщества центральной области притеррасного болота резко распадается на две группы. Преобладающее значение имеет, как правило, группа микотрофно питающихся растений и подчиненное — группа автотрофно питающихся.

При этом обычно мы замечаем, что чем обильнее выражен приток грунтовых вод и чем менее проходимой поэтому является топь, тем резче выражено, иногда до исключительного господства, преобладание микотрофно питающейся древней растительности. В то же время, чем меньше приток грунтовой воды и чем тверже поверхность болота, тем ярче выражено преобладание буйной автотрофно питающейся флоры.

## ОЛЬХОВЫЕ ТОПИ

Главным представителем древесной микотрофно питающейся флоры рассматриваемого сообщества является черная ольха (Alnus glutinosa Gaerth.). Присутствие ольхи настолько характерно, что само притеррасное болото носит обычно название *«ольховых топей»*, *«ольшатников»* или *«олешников»*. Часто к ольхе примешиваются, иногда подавляя ее в количественном отношении, древесные ивы (Salix alba L., S. fragilis L. и помеси этих двух видов). Названные деревья образуют часто настоящие лесные чащи. Гораздо реже и исключительно по краям заросли встречаются, большей частью единичными деревьями, виды березы (Betula verrucosa Ehrh., B. pubescens Ehrh. и B. humulis Schrank.).

Почти неизбежными спутниками основной древесной растительности ольхового болота являются несколько папоротников (Struthiopteris germanica Willd., Nephrodium thelypteris Desv., N. cristatum Mich.), несколько видов зеленых мхов (преимущественно виды из родов Bryum, Mnium и Leucobryum), лесной хвощ (Equisetum silvaticum L.), некоторые орхидеи (Epipogon aphyllus Sw., Coralliorhiza innata R. Br., Epipactis palustris Crantz.) и недотрога (Impatiens nolitangere L.).

На менее топких болотах мы встречаем часто, кроме названной, обычно богатую, часто едва проходимую растительность, состоящую из подлеска лещины (Corylus avelana L.), бузины (Sambucus nigra L.), бредины (Salix caprea L.), крушины (Rhamnus fran-

gula L.), малины (Rubus idaeus L.), ежевики (R. caesius L.), костяники (R. saxatilis L.), черной смородины (Ribes nigrum L.), волчьей ягоды (Daphne mezereum L.). Кроме того — пышный ковер травянистой растительности: манника (Glyceria remota Fries.), так называемой круглой осоки (Heleocharis palustris R. Br.), настоящих осок (Carex), нескольких ситников (Juncus), лесного камыша (Scirpus silvaticus L.), подмаренника (Galium boreale L. и G. uliginosum L.), сабельника (Potentilla palustris Scop.), лесной фиалки (Viola epipsila Ledb.), башмачков (Aconitum excelsum Reichb.), звездчатки (Stellaria uliginosa Murr.), ядовитого лютика (Ranunculus sceleratus L.), малого и большого болотных лютиков (R. flammula L. и R. lingua L.), селезеночника (Chrysosplenium alternifolium Sv.), кислицы (Oxalis acetosella L.), зарослей крапивы (Urtica dioica L. и U. urens L.).

Вся эта пестрая толпа завита вьющимися растениями — ломоносом (Aristolochia clematitis L.), пасленом (Solanum dulcamara L.), вьюнком (Calystegia sepium R. Br.), хмелем (Humulus lupulus L.) и повиликой (Cuscuta europea L.) и превращена часто в совершенно непроходимую чащу.

## СООБЩЕСТВО БЕРЕГА ПРИТЕРРАСНОЙ РЕЧКИ

Эта пестрая, едва проходимая гуща постепенно при посредстве кустов ив (Salix triandra L., S. pentandra L., S. viminalis L.) переходит в прибрежную зону притеррасной речки и протоков представляющую в типичных случаях могучую заросль тростника (Phragmites communis Trin.), достигающего высоты 3—4 м и степени чистой заросли, часто шириной в несколько *десятков и даже сотен метров*. Лишь у самой воды протока или речки эта заросль переходит в сообщество, в котором преобладающую роль играют камыш (Scirpus lacustris L.) и хвощ (Equisetum limosum L., var. fluviatilis), которые иногда заменяются рогозом (Typha latifolia L. и T. angustifolia L.) и к которым в качестве

характерных, но уже подчиненных по своему значению членов сообщества примешаны касатик (Iris pseudacorus L.), аир (Acorus calamus L.), сусак (Butomus umbellatus L.), лютик (Ranunculus lingua L.), частуха (Alisma plantago L.), вех (Cicuta virosa L.), водяная мята (Mentha aquatica L.), вероника (Veronica becabunga L.), Lysimachia thyrsiflora L. и другие.

Все члены этого последнего растительного сообщества представляют растения автотрофного типа питания и все обладают одним общим признаком — превосходно развитой сетью воздухоносных каналов.

### ПЕРЕХОДНАЯ ОБЛАСТЬ

Область притеррасной поймы продолжается и по другую сторону притеррасной речки или, в случае отсутствия ясного ее выражения, тальвега притеррасной поймы.

Эта область характеризуется ясно выраженным уклоном от области центральной поймы к притеррасной речке. Уклон местности в области слоистой поймы определяется существованием гривы, отлагающейся приблизительно параллельно руслу притеррасной речки из второстепенного стремени реки, направляющегося во время половодья по области притеррасной поймы как раз по течению речки. В области же зернистой поймы этот уклон определяется постепенно уменьшающейся мощностью зернистых аллювиальных отложений, причина чего лежит, вероятно, в том, что во время спада весенней воды часть рыхлого хлопьевидного осадка увлекается подпорной водой плывуна с поверхности поймы в русло речки и далее в реку (см. рис. 18, стр. 834).

Рассматриваемая область уже в очень слабой степени зависит от притока питательных элементов из внепойменной области рельефа страны — зависит лишь постольку, поскольку растения, обитающие эту область, могут использовать воды притеррасной речки.

Вместе с тем и подпор грунтовой воды также встречает значительное, все возрастающее по направлению от речки, сопротивление своему влиянию как вследствие близости русла притеррасной речки, так и благодаря элиминирующему влиянию наносов слоистой и особенно зернистой поймы. Поэтому резко выраженные условия анаэробиозиса в почве этой области встречаются лишь в непосредственной близости от притеррасной речки. По мере удаления от речки и повышения уровня почвы условия анаэробиозиса разреживаются все более, пока не перейдут в обычные условия водного режима центральной поймы или области притеррасных песков.

Приток зольных элементов и азота в форме минеральных соединений почти целиком зависит от притока продуктов аэробного разложения органического вещества из области граничащей центральной поймы или притеррасных бугристых песков.

Поэтому в случае слоистой поймы или в части, граничащей с песчаными областями, питательный режим отличается значительной порывистостью, в зависимости от быстроты передвижения атмосферных осадков в почвах этих областей. Лишь в наиболее пониженных частях, там, где почвенные воды сливаются с общим током грунтовой воды, обеспеченность растительного сообщества питательными веществами приобретает бо́льшую устойчивость.

В случае зернистой поймы ток почвенной воды приобретает гораздо бо́льшую степень устойчивости. Вместе с тем из этой области притекает гораздо большее количество и зольных элементов питания растений и минеральных форм связанного азота, вследствие яркого выражения аэробного бактериального разложения органического вещества в этих почвах.

Вследствие таких условий можно ясно отличить две зоны растительных сообществ этой области.

Первая зона, пограничная с областью центральной поймы или притеррасных дюнных всхолмлений, представляет в высшей степени постепенный переход от обычной растительности

поймы или песков к флоре средней части склона. Переход этот выражается во все возрастающей примеси невысоких осок (Parvicarices) и все уменьшающемся количестве злаков и бобовых соседних областей, пока, наконец, луг не обратится в сплошное сообщество мелких осок типа автотрофно питающихся (Carex flava L., C. canescens L., C. leporina L., C. stellulata Good., C. panicea L., C. rigida Good., C. Goodenoughii Gay.). На этом общем фоне разбросаны куртины кустарников ивы (Salix viminalis L., S. triandra L., S. pentandra L.) и единичными растениями дербенник (Lythrum salicaria L., L. virgatum L.), мяун, или валериана (Valeriana officinalis L.), таволга (Filipendula ulmaria Maxim.), ятрышник (Orchis incarnata L.), раковые шейки (Polygonum bistorta L.), ползучий лютик (Ranunculus repens L.) и другие.

Почва этой зоны представляет как бы переход от типичной почвы зернистой или слоистой поймы к торфянистой почве, следующей ниже лежащей области. Все промежутки между комками зернистой поймы или группами элементов песчаных или пылеватых почв забиты сплошной массой бурого органического вещества, частью сохранившего строение, частью аморфного. Иногда встречаются прослойки чисто минеральных аллювиальных или эоловых наносов. Грунтовые воды большей частью неглубоки: от 20 до 30 см от поверхности, и вся масса почвы сплошь пропитана водою. Почвы эти имеют только один горизонт.

## ПРИБРЕЖНЫЕ КОЧКАРНИКИ

Обыкновенно очень резко, почти без перехода эта зона сливается со следующей прибрежной зоной. Здесь почвенная вода стоит уже на дневной поверхности и сливается с грунтовой водой, находящейся под напором. На взгляд почва состоит из чисто торфяной массы черного цвета и с поверхности покрыта сплошной зарослью крупных осок (Magnocarices: Carex vesicaria L., C. hirta L., C. aristata R. Br., C. stricta Good., C. caespitosa L.,

C. paradoxa Willd.), образующих сплошную массу кочек, идущих до самого берега притеррасной речки.

Кочки этого осокового болота часто достигают огромных размеров в вышину (до 1 м) и представляют конически расширенную книзу массу торфа, переходящую в цилиндрическое тело, увенчанное сверху раскидистым кустом крупных листьев и стеблей осок. По краям куста свешиваются вниз прошлогодние серые и бурые мертвые листья и стебли осок.

Тело кочки и ее основание состоят из густого и плотного сплетения частью живых, частью мертвых корней и корневищ, стеблей и листьев осок. Корни, пронизывающие часть тела кочки, очень толсты, не имеют разветвлений и снабжены воздухоносной тканью; они преимущественно белого цвета и резко выделяются на разрезе кочки среди черной или бурой массы торфа.

Снаружи тело кочки оплетено как бы сетью корней той же осоки. Но эти корни резко отличаются от корней, расположенных внутри тела кочки. Они, прежде всего, тонки, коричневого цвета и не имеют сколько-нибудь развитой воздухоносной ткани, почему и диаметр их в 4—5 раз меньше диаметра корней, пронизывающих тело кочки. Они дают многочисленные ветви, и каждая ветка, как и весь корень, составлена из отдельных коленец, направленных попеременно то вправо, то влево, и от каждого внешнего угла колена отходит короткая веточка, приблизительно равная по длине членику колена. Таким образом, все тело кочки затененное сверху, как кровлей, раскидистым кустом осоки, оплетено густой сетью мелкоразветвленных тонких корней.

Смысл такой корневой системы ясен. Тело кочки состоит из мертвого органического вещества, упорно удерживающего впитываемую снизу из массы торфа волосную воду. Благодаря богатству этого органического вещества зольными элементами и азотом и свободной циркуляции воздуха вокруг тела кочки, аэробное разложение торфа идет беспрепятственно и энергично, и минеральные продукты его распада медленно диффундируют как в тело кочки, так и вниз, в пространство между кочками.

Для усвоения этих минеральных зольных элементов и развивается у крупных кочкообразующих осок корневая система второго порядка, тогда как корни первого порядка, вероятно, приспособлены для разложения органического вещества кочки, благодаря симбиозу с грибами. Мне не удалось проверить этого предположения, но чрезвычайное развитие воздухоносной ткани делает такое предположение вероятным.

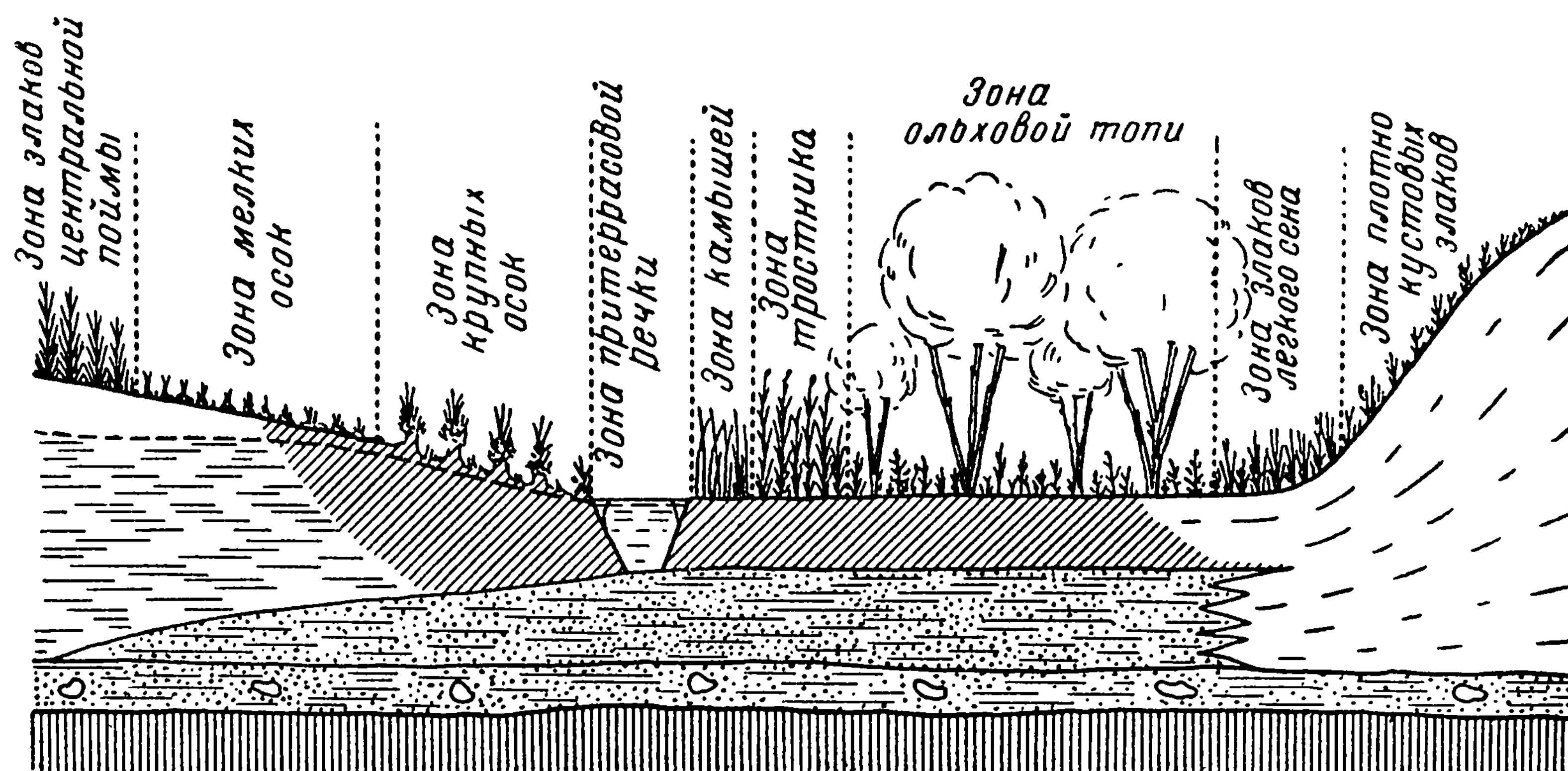



Рис. 22. Схема последовательного расположения растительных сообществ притеррасной поймы.

Что действительно аэробное разложение торфа на поверхности тела кочки дает большое количество зольных элементов пищи растений и минеральных соединений азота, видно из того, что часто вся поверхность тела кочки усеяна автотрофно питающимися ситниками (Juncus ranarius Song. et Perr., J. buffonius L.), а все пространства между кочками, заполненные обыкновенно водой, затянуты густо разрастающейся ряской (преимущественно Lemna trisulca L.) и водяной сосенкой (Hippuris vulgaris L.). Их мертвые остатки вместе с массой плодов осоки и пыльцой ольхи и сосны, покрывающей близлежащие области

песков, а равно и массой красных дрожжей и других организмов, и отбросами и трупами насекомых, их личинок, червей, моллюсков и ракообразных, образуют массу слизистого аморфного жидкого торфа, покрывающего промежутки между кочками (сапропелит).

Перед самой речкой получает обыкновенно довольно слабое выражение такое же сообщество, как и на противоположном берегу, состоящее из камышей, рогоза, хвоща и т. д.

Схема последовательного расположения растительных сообществ притеррасной поймы представлена на рис. 22.

## ОСОБЕННОСТЬ ЭВОЛЮЦИИ ПРИТЕРРАСНОГО БОЛОТА

Область притеррасного болота является во всех отношениях полной и диаметральной противоположностью области водораздельного болота. Здесь выражен в резкой форме восходящий ток грунтовой воды, там в не менее резкой форме выражен нисходящий ток почвенной воды. Насколько на водоразделе резко выражен критический недостаток зольного питания, настолько в области притеррасного болота имеется избыток тех же веществ. Противоположностями эти болота являются и в смысле увлажнения.

Насколько быстро в области водораздела наступает конечная фаза эволюции болотного периода — моховое болото, настолько область притеррасной поймы гарантирована от наступления этого периода. Мне, по крайней мере, до сих пор не удавалось встретить ни в природе, как на европейском, так и на американском континентах, ни в литературе каких-либо намеков на существование мохового болота в области притеррасной поймы.

Сравнение старых карт и планов с современной действительностью, которое мне удалось осуществить для притеррасных болот на пойме реки Цны, в Моршанском уезде, Тамбовской губернии (Ивенские разливы), показало, что за почти полуторастолетний промежуток времени никаких или почти никаких из-

менений даже в количестве протоков и «озер» на этой площади, равной почти 1 800 гектарам, не произошло.

### ТОРФ ВОДОРАЗДЕЛЬНЫХ БОЛОТ

Весьма понятно, что и продукт болотного процесса — торф из этих противоположных областей должен обладать противоположными свойствами. Торф, отлагаемый водораздельным болотом, — моховой торф — слагается из нескольких горизонтов.

Самый верхний горизонт — «*очес*» представляет слой живых элементов болота и состоит из рыхлой массы сфагнового мха, пронизанного живыми же корневищами осок, ситников, деревянистых кустарников и других живых биологических элементов водораздельного болота. Хотя содержание золы в нем и выше, чем в непосредственно подстилающем его горизонте мертвого торфа, но оно все-таки очень невелико и обыкновенно колеблется в пределах 1—4% сухого вещества очеса, содержание же элементов зольного питания растений колеблется всего в пределах около 0,05—0,5%. Масса очеса содержит много дубильных веществ с чрезвычайным трудом приходит в состояние разложения. Мощность очеса может колебаться в зависимости от состояния ровности поверхности болота от 10 до 50 см. Под горизонтом очеса залегает горизонт неспелого мертвого торфа, в котором ясно различимы те же составные элементы, но в состоянии отмершем. Вся масса его пропитана желто-бурой водой, содержащей в растворе ульминовую кислоту. Зольность этого горизонта обыкновенно меньше зольности вещества очеса, а содержание зольных элементов пищи растений падает до пределов 0,1 — 0,01%. Торф этого горизонта мелковолокнистый с содержанием более грубых элементов древесной растительности. Разложение торфа этого горизонта достигается еще труднее, чем разложение очеса. Цвет его светлобурый. Этот горизонт по своей мощности может колебаться в чрезвычайно широких пределах. Обыкновенно, чем старше торфяное болото и чем больше общая мощ-

ность его, тем толще и горизонт неспелого торфа и тем меньше содержание в нем золы.

Ниже этого горизонта, после нетолстой прослойки темного торфа с остатками пней и древесной и осоковой растительности, следует горизонт разложившегося мохового торфа темнобурого цвета, в котором в свежем состоянии остатки моховой растительности еще отличимы, но который после высыхания обращается в черную аморфную массу землистой консистенции. Содержание золы в этом горизонте уже значительно выше и колеблется от 2 до 5%, содержание же зольных элементов питания растений колеблется от 0,5 до 1%. Этот горизонт в водораздельном болоте редко достигает значительной мощности и подстилается тонким горизонтом совершенно черного землистого торфа с значительным содержанием золы и минеральных элементов почвы.

## МОХОВОЙ ТОРФ КАК СУБСТРАТ ДЛЯ КУЛЬТУРЫ

Ясно, что при таких свойствах торф водораздельного болота может играть лишь очень второстепенную роль в деле сельскохозяйственного его использования.

Его трудная разложимость и чрезвычайно малое содержание зольных элементов в сильнейшей степени затрудняют и обработку его и делают всякую культуру совершенно немыслимой без внесения искусственных удобрений. При этом недостаточно внести удобрительные вещества один раз, а необходимо ежегодно для каждого урожая вносить новое количество зольных элементов.

Свойства массы мохового торфа — ее тонковолокнистость и трудность разложения ее, т. е. приобретение свойств землистой массы, делают совершенно недостижимою задачей придачу ей свойств культурных почв — комковатой структуры.

Поэтому под покровом тонкого поверхностного горизонта рыхлого торфа устанавливается обстановка полного анаэробиозиса. И все количество внесенных зольных элементов пищи расте-

ний или частью переходит в состояние органоминеральных соединений, биологически поглощенное растительностью, или частью под влиянием господства анаэробиозиса восстанавливается в формы, недоступные для усвоения культурными растениями, или же в силу осмотических явлений проникает в более глубокие слои, куда доступ корням культурных растений совершенно отрезан, вследствие абсолютного господства в них анаэробиозиса.

При таких условиях очевидно, что культура обычных растений требует ежегодного внесения зольных элементов питания и азотной пищи в форме искусственных удобрений в количествах, строго отвечающих требованиям культивируемого растения и величине его урожая.

Опыт всех культурных стран показывает, что выгодная организация такого хозяйства является задачей совершенно неосуществимой. Даже самое элементарное использование водораздельных болот, для так называемого огневого хозяйства, при котором сжигается верхний горизонт торфа и на основе полученной золы собирается всего один незначительный урожай гречихи, можно считать стоящим применения только при условии игнорирования всякой оценки колоссального количества труда и времени, вкладываемого в это дело при подготовке болота к сжиганию.

Культура лугов на этих болотах представляет задачу, почти столь же неблагодарную, как и культура полевых растений. Высшие урожаи лугов получаются лишь тогда, когда травостой их состоит из определенной смеси злаков корневищевых, рыхлокустовых и бобовых растений. А так как все эти группы растений принадлежат к группе автотрофно питающихся и при указанных выше условиях питания существовать не могут, то развитие их может быть поддержано лишь постоянным ежегодным внесением искусственных минеральных удобрений. И если даже культура полевых растений при обычной экономической обстановке не в состоянии выдержать этих условий, то для лугов это становится очевидным.

Таким образом, выбор для сельскохозяйственного использования водораздельного болота может быть произведен только между двумя родами угодий — выгоном, покрытым плотнокустовыми злаками с неизбежной примесью корневищевых, о которых мы говорили в своем месте, или лесом, который в этих условиях скудного питания и при условии выбора подходящей породы может дать весьма ценный в техническом отношении материал.

Только в исключительно счастливых условиях область водораздельного болота может быть предметом иного вида использования.

## МОХОВОЙ ТОРФ КАК УДОБРЕНИЕ

Как материал для удобрения, торф водораздельного болота не имеет, само собою разумеется, никакого значения как вследствие чрезвычайной бедности зольными элементами пищи растений и азота, которых в нем содержится не более 1% по отношению к сухому веществу, так равно и вследствие чрезвычайной трудности, с которой он разлагается, что, повидимому, надо приписать как его бедности зольной пищей, так и значительному содержанию в нем дубильных веществ.

Известно, что моховой торф не без успеха применяется как антисептическое средство. Поэтому применение моховой подстилки на скотных дворах может иметь значение только в городах с целью достижения внешней чистоты содержания скота, что ввиду его чрезвычайно высокой влагоемкости и дезодорирующих свойств достигается им в очень совершенной степени.

В хозяйстве же его роль в приготовлении навоза отрицательная как ввиду его антисептических свойств, так и вследствие содержания дубильных веществ, исключающих возможность его бактериального разложения и создающих возможность исключительно грибного разложения. Грибное же разложение в массе навоза необходимо рассматривать как порочное, ибо с ним свя-

зана потеря всего азота навоза при невозможности получения при нем гуминовой кислоты, одной из главных целей приготовления навоза.

Кроме того, тонковолокнистость мохового торфа, отсутствие в нем механических тканей и огромная влагоемкость являются причиной того, что в присутствии торфа масса навоза сливается в настолько плотное тело, что направление хода разложения его целиком ускользает от всякой возможности регуляции. Поэтому разложение элементов навоза возможно только под влиянием анаэробных бактерий, масса же торфа остается совершенно без изменений, ибо грибы не в состоянии проявить признаков самостоятельной жизни в обстановке анаэробиозиса.

## МОХОВОЙ ТОРФ КАК ТОПЛИВО

Наконец, остается применение торфа водораздельного болота как топлива. В этом отношении малое содержание золы, в особенности же полное отсутствие тяжелых землистых частиц почвы, наносимых делювиальными потоками воды, являются чрезвычайно выгодными свойствами. Этих землистых частиц золы торф водораздельного болота совершенно не содержит. И в этом отношении торф водораздельного болота занимает второе место после торфа тундры.

Отрицательным свойством торфа, особенно второго горизонта его, является чрезвычайная медленность достижения им необходимой степени спелости, что отзывается и на трудности придачи ему необходимой степени плотности и влияет понижающим образом на его теплотворную способность. К отрицательным свойствам торфа водораздельного болота надо отнести и малое содержание в его массе древесных остатков, влияющих сильно повышающим образом на количество тепла, выделяемого при сгорании торфа.

## ТОРФ ПРИТЕРРАСНОГО БОЛОТА

Обращаясь к торфу притеррасного болота, мы найдем в нем полную противоположность торфу водораздельного болота. Прежде всего, никаких горизонтов, которые мы видели в водораздельном болоте, здесь отличить нельзя. Живой биологический покров растений непосредственно проникает в черную или чернобурую грубоструктурную массу притеррасного торфа, которая на всю глубину залегания представлена одним горизонтом, прерываемым без всякого порядка лишь прослойками делювиальных сносов минеральной породы или отложениями притеррасного болота — охрой, вивианитом, инфузорной землей, скоплениями раковин, пнями и т. п.

Только у прибрежной полосы могут дифференцироваться сверху горизонты охры, весьма постепенно переходящие в торф, или горизонты луговой извести, или горизонты и того и другого образования вместе. Но эти горизонты представляют лишь местное явление и по всей территории болота не выражены.

В своей нижней части горизонт торфа довольно резкой границей залегает на сером крупном песке-плывуне, в который проникают лишь отдельные отжившие корневища тростника, камыша и хвощей.

По своей структуре торф притеррасного болота также представляет полную противоположность торфу водораздельного болота. В зависимости от места, с которого взят образец, он может представлять или темную землистую массу, без видимых невооруженным глазом форменных элементов, или слизистую массу, легко продавливаемую между пальцами, или основную землистую массу с ясными остатками камыша, тростника, хвощей, осок, коры и древесины ольхи и ивы. Но эти остатки всегда находятся в значительной степени разложения и легко перетираются руками в землистую массу. Другими словами, торф притеррасного болота всегда находится в состоянии спелости или

даже благодаря своей грубой структуре легко и быстро достигает степени полного разложения.

По содержанию зольных элементов мы также найдем полную противоположность между рассматриваемыми типами торфов. Если отделить элементы почвы, заносимые делювиальными потоками, и считать только золу, входящую в состав торфа, то содержание золы в торфе притеррасного болота колеблется между 8—20%. Содержание золы доходит до 40%, если считать и элементы, приносимые делювиальными потоками с коренного берега.

## СПЕЛОСТЬ ТОРФА

При сопоставлении между собою двух фактов — содержания элементов пищи растений и разлагаемости торфа — невольно напрашивается объяснение причинной их зависимости.

Разложение торфа или достижение им состояния спелости, т. е. утрата клеточного и волокнистого строения и приобретение свойств землистой массы, представляют процесс биологический. Этот процесс в моховом торфе может протекать только под влиянием грибной флоры, вследствие содержания в нем большого количества дубильных веществ, под влиянием бактериального процесса для остатков травянистой растительности притеррасного торфа и под влиянием грибной флоры для остатков древесной растительности и папоротников того же торфа.

При прочих благоприятных условиях развитие этой микрофлоры, очевидно, будет зависеть в сильнейшей степени и от наличности элементов питания. В почти стерильной, в смысле содержания зольных элементов питания, массе мохового торфа развитие грибов должно совершаться крайне медленно, и так же должна протекать и деятельность этой микрофлоры.

Кроме того, в природной обстановке имеется наличность и еще одной резкой разницы в условиях, при которых может совершаться деятельность микрорастительных сообществ этих двух

болот. Разложение торфа притеррасного болота идет не только при наличности оптимальных условий зольного и азотного питания, но и в присутствии сильного тока воды, беспрерывно в течение круглого года вымывающего продукты жизнедеятельности бактерий и грибов. Часто к упоминаемым условиям присоединяется и присутствие углекислой извести, нейтрализующей и обезвреживающей те же продукты. Деятельность же грибов в водораздельном болоте сталкивается с анаэробной обстановкой и с отсутствием всякой возможности удаления продуктов их жизнедеятельности, благодаря абсолютной непроницаемости торфа для воды, поступающей сверху. Кроме того, водораздельное болото отличается и ничтожным содержанием зольных элементов питания и азота, что также задерживает деятельность грибов. В такой обстановке безусловно неосуществимы не только самостоятельная деятельность грибов, но и деятельность их в виде микоризы в симбиотическом сожительстве с высшими растениями, доставляющими им кислород.

Таким образом, разница в степени спелости или разложения этих двух видов торфа в природных условиях их залегания вполне понятна и легко и просто объясняется.

Трудность же разложения водораздельного болота в условиях искусственной обстановки, повидимому, может быть объяснена только бедностью содержания золы и азота. За такое объяснение говорит результат опыта, произведенного мною при изучении процессов образования перегнойных кислот почвы, с которыми нам придется ближе познакомиться в главах, посвященных учению о почве как о массе.

При этом опыте равные количества торфа водораздельного болота, торфа притеррасного болота и лесной подстилки из елового насаждения при одинаковой степени разрыхления, т. е. так, что одинаковые веса их занимали равные объемы, были помещены в разрезанные надвое ведерные бутылки, поставленные горлом вниз, причем горло было закрыто воронкой с крупным битым стеклом. Все три бутыли ежегодно проветривались часо-

вым протягиванием воздуха насосом через горло. Перед проветриванием все три пробы промывались равными количествами воды, которая пропускалась через всю массу органического вещества, и остатки ее отсасывались насосом.

Всех веществ было взято поровну — 10 000 куб. см. По прошествии годичного срока от лесной подстилки осталось всего 200 куб. см. черной землистой массы, от притеррасного торфа 310 куб. см., тогда как от водораздельного торфа осталось целых 9000 куб. см.

В условиях произведенного для других целей опыта обстановка была одна и та же, и разница только в характере веществ и в содержании золы. Биологические элементы, принимавшие участие, были грибы актиномицеты и черви (Enchitreus sp.?) — в лесной подстилке, и аэробные бактерии и многоножки — в притеррасном торфе. Водораздельный торф развил лишь весьма слабые признаки желтого мицелия гриба (вид которого определен не был).

На основании результатов этого опыта, произведенного лишь для целей изучения способов получения природных перегнойных веществ, нельзя сделать точного заключения о причинах трудности разложения торфа водораздельного болота. Но невольно обращают на себя внимание соотношения, при прочих равных условиях, между содержанием зольных элементов и быстротою разложения.

## ПРИТЕРРАСНЫЕ БОЛОТА КАК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ УГОДЬЕ

Совершенно ясно, что в смысле практического использования оба торфа будут представлять крайние противоположности.

Насколько торф водораздельного болота представляется безнадежным материалом в смысле сельскохозяйственного использования, настолько притеррасный является материалом ценным. В первобытном состоянии ни тот, ни другой для целей

хозяйства не годятся. Но по удалении причины этой негодности, избытка воды, вторая категория дает угодье первоклассной ценности, соединяющее в себе все условия, предъявляемые к культурной почве.

Прежде всего под влиянием осушки и последующих операций обработки поверхности мы получаем рыхлую комковатую почву, способную одновременно совместить в себе условия двух противоположных биологических процессов — аэробного и анаэробного. При этом практически наиболее ценное главное свойство этой структуры — *ее прочность*, возобновление которой на обычных «минеральных» почвах стóит наибольшей затраты как труда, так и средств, на этих почвах не стóит никаких затрат. Причина этого заключается в том, что эти «перегнойные почвы», «чернораменные земли», «чернозем», «огородная земля», «коноплянники», «капустники», «хмельники», «огуречные земли», «абсолютные луговые земли» и т.д. состоят часто на 80—90% из перегноя, который с огромным трудом приходится искусственным путем накоплять в «минеральных» почвах, и который обречен на беспрерывное уничтожение не только обработкой и приемами культуры, но и благодаря *осуществлению самого процесса зольного и азотного питания растений*. Эта-то неизбежность уничтожения структуры и причины ее прочности — перегноя является непреодолимой причиной того «проклятия» земледельческого труда, которое уже тысячелетия тому назад вылилось в поэтическую формулу: «В поте лица своего станешь ты добывать хлеб свой насущный».

На осушенном притеррасном болоте те же процессы разрушения структуры и разложения перегноя, конечно, имеют место, как и всюду. Они даже представлены в более интенсивной степени, благодаря более благоприятным условиям влажности

Но разрушение верхних слоев автоматически погашается каждой обработкой, которая на место минерализированного верхнего горизонта вводит такой же толщины горизонт, еще совершенно не затронутый культурой, из нижних слоев болота.

И так как это углубление в нетронутые культурой нижние горизонты идет в высокой степени медленно и постепенно, то и те вещества, которые обычно являются препятствием быстрого углубления пахотного слоя — сернистое железо и закисные соединения железа, до такой степени постепенно обезвреживаются, что не производят какого бы то ни было вредного влияния.

Пыль, образующаяся при механическом разрушении комков, не имеет критического отрицательного значения, какое неизбежно присуще ей на минеральных почвах. По мере образования, пыль вследствие своего измельчения быстро разрушается, образуя углекислоту, воду и нитраты и освобождая зольные элементы, которые жадно впитываются механически комками почвы, и биологически микрофлорой и макрофлорой осушенного болота. Это тем более имеет место, что благодаря медленно восходящему току волосной почвенной воды, поддерживаемому напором грунтовой воды, быстрое выщелачивание элементов пищи за пределы досягаемости флоры почти совершенно исключено.

Благодаря этим своим свойствам, торф притеррасного болота способен вынести без всякого для себя вреда даже такое серьезное испытание, как поливка и искусственное орошение. При условии *периодичности* применения эти приемы не могут влиять на проявление аэробного процесса иначе, как только в положительном смысле.

Припомним, что одновременно с такими высокими культурными свойствами торф притеррасного болота может содержать до 2% азота в форме органического вещества, т. е. в среднем столько же или даже больше, чем хлевный навоз. Кроме того, этот торф чрезвычайно богат всеми зольными элементами пищи растений, и приток азота и зольных элементов беспрерывен, если только он не прерван неумелым осушением. Отсюда станет совершенно понятным, что осушка притеррасного болота дает в результате чрезвычайно ценное угодие для целей сельскохозяйственного использования.

Поэтому при наиболее благоприятной экономической обстановке притеррасное болото после осушки служит местом для производства наиболее ценных огородных культур — капустников, огуречников, ягодников, культуры спаржи, хмеля, лука. В то же время соседняя область вздутых песков является одной из наиболее подходящих областей для культуры картофеля.

В менее счастливых экономических условиях притеррасное болото является наиболее подходящим угодием для культуры конопли.

Наконец, при наименее благоприятной экономической обстановке притеррасное болото представляет лучшее природное угодие для создания лугов. При соответствующем развитии скотоводства существование в этой области лугов служит основой возврата полевым угодиям выщелоченных из них минеральных зольных элементов и азота.

## ТОРФ ПРИТЕРРАСНОГО БОЛОТА КАК УДОБРЕНИЕ

Не менее ценным является торф притеррасного болота и как удобрительный материал вследствие непосредственной близости двух областей — притеррасных вздутых песков и незаливаемой части области наибольшего скопления песков в пойме, применение минеральных удобрений в которых не встречает легкой возможности осуществления, благодаря слишком большой порывистости их водного режима. И вся система земледелия здесь может быть основана или на внесении удобрительных веществ в органической форме или же в немедленном переводе минеральных удобрительных веществ в органическую форму при помощи многолетних трав, культивируемых на зеленое удобрение.

Правда, применение торфа притеррасного болота, как подстилочного материала, не всегда возможно как раз ввиду его состояния спелости, и задача предоставления пользователь-

ному скоту чистого, сухого и покойного ложа не может быть им исполнена. Но зато на гноище и в компосте торф притеррасного болота, вынутый с осени, разрыхленный зимними морозами, лишившийся поэтому весной всего избытка заключенной в нем воды, которая одновременно унесет и продукты окисления сернистого железа и других закисных соединений последнего, представляет наиболее дешевый и очень богатый источник азота, фосфора, извести, марганца, магнезии и отчасти калия.

Особенно высоко значение этого типа торфа как удобрительного вещества по той причине, что бо̀льшая часть зольных элементов его и весь азот находятся в нем в состоянии органического вещества. Следовательно, темп выщелачивания этих веществ из почвы находится в зависимости не только от абиотических (метеорологических) условий, но и от хода биологических процессов в почве, в которую он внесен. И как раз в те моменты, когда затяжные дожди создают в песчаных почвах окружающих его областей условия сплошного тока воды, вымывающего из почвы все растворимое, те же дожди создают в почве и в торфе условия анаэробиозиса, и темп разложения торфа в песчаных почвах как бы автоматически замедляется.

Менее страшен для такого удобрения и предшествующий осеннему периоду выщелачивания период резко выраженных аэробных условий. Корни растений, усиленно оплетающие его комки, иссушат его особенно сильно к концу своей жизни. И в то время, когда отмершие корни в момент своего отмирания содержат еще много вегетационной воды, на основе которой и развивается аэробный процесс, быстро их разрушающий, комки торфа иссушены в это время до пределов мертвого запаса воды в нем, и возможность всякого разложения его исключена. Первые порции почвенной воды, омывающие комки торфа в почве, пойдут на насыщение его полной влагоемкости и в каждом комке в момент, наиболее опасный в смысле выщелачивания зольных элементов, создаются условия центростремительного тока воды, и все зольные элементы, сконцентрированные на периферии

комка — области проявления аэробного процесса, благодаря которому эти элементы минерализовались, будут этим током унесены в центральную область комка, откуда они могут передвигаться лишь медленным темпом осмотического тока.

## ТОРФ ПРИТЕРРАСНОГО БОЛОТА КАК ТОПЛИВО

Значение торфа притеррасного болота как топлива невелико, хотя состояние его спелости и присутствие в нем часто большого количества остатков древесных растений, и придают ему превосходные свойства для техники переработки его в горючее. Но чрезвычайно большая зольность и большое содержание азота являются причиной его малой теплотворной способности. К этому еще присоединяется и то, что в области, граничащей с коренным берегом, где, очевидно, зольность торфа особенно велика, содержание сернистого железа, серы и фосфорнокислой закиси железа, может достигнуть значительного выражения.

При сжигании такого торфа неминуемо развиваются сернистый газ ($SO_2$) и фосфористый водород ($PH_3$). Сжигание такого торфа в технических устройствах, где условия тяги печей и генераторов могут исключать опасность для здоровья занятых в технике людей, влечет за собой чрезвычайно быструю порчу железных частей топочных приспособлений. Сжигание же такого торфа в жилых помещениях, где вытяжная и вентиляционная сеть труднее доступна наблюдению и регуляции технического персонала, *совершенно недопустимо* вследствие крайне вредного влияния сернистого газа на слизистые оболочки дыхательных путей и на глаза и вследствие чрезвычайной ядовитости фосфористого водорода, возможность образования которых далеко не исключена при несовершенной тяге отопительных печей и кухонных очагов, и следовательно, возможно и проникновение их в жилые помещения.

Вследствие всех этих причин торф притеррасного болота для разработки на топливо пригоден лишь из области его, грани-

чащей с берегами притеррасной речки (камышевый торф с зольностью от 2 до 4% и с содержанием азота около 1—2%) и распространяющейся неширокою полосой как в область тростниковой зоны (тростниковый торф с зольностью около 10—15% и с содержанием азота от 2 до 3%), так и в область ольховой трясины (ольховый торф с зольностью около 2% и с содержанием азота около 1,5%). Но уже за областью ольховой трясины, там, где опять начинается область тростника и злаков, образующих «легкое» сено, мы опять входим в область тростникового торфа, но с зольностью в 15—30% и с содержанием азота в 3—5%, т. е совершенно негодного для топлива. На берегу притеррасной речки, противоположном коренному берегу болота, область годного для топлива торфа опять охватывает прибрежную полосу с преобладанием камыша и хвоща с зольностью от 8 до 10% и с содержанием азота от 1 до 2% и далее зону осокового торфа с зольностью от 4 до 5% и содержанием азота от 1,5 до 2%.

Залежь торфа притеррасного болота достигает своей максимальной толщины, большей частью, начиная со второй половины второй трети течения притеррасной речки и до начала второй половины третьей трети ее течения.

В неосушенном состоянии и при достаточно широком развитии область притеррасного болота, прорезанная во многих направлениях рукавами и озерами притеррасной речки, служит местом развития богатых рыбных запасов, благодаря роскошному развитию фито- и зоопланктона. Сазан, карась, линь и щука достигают здесь своих максимальных размеров. В осушенном и соответственно организованном состоянии притеррасное болото по той же причине наличности всего комплекса условий, необходимых для развития богатого фито- и зоопланктона, представляет лучшую область для искусственного разведения рыбы и для развития рыбного хозяйства (карповое хозяйство).

# ПРИЛОЖЕНИЯ





*В. П. БУШИНСКИЙ*

# РОЛЬ УЧЕНИЯ В. Р. ВИЛЬЯМСА В РАЗВИТИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

История науки показывает ту суровую зависимость от земли, которую на протяжении веков чувствовал человек в своей борьбе за создание продуктов сельскохозяйственного производства. Власть земли казалась неизбежной, и долгое время задача человека сводилась к тому, чтобы приспособляться к силам природы.

Путем долгой и упорной борьбы человек, постепенно познавая природу и ее законы, начал подчинять себе ее силы.

На протяжении многих веков великие умы человечества стремились раскрыть тайны природы, овладеть законами почвенного плодородия. Задача получения устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур при возможно наименьшей затрате труда занимала многих ученых — биологов, агрономов, экономистов. Однако частная собственность на землю и средства производства и эксплуатация человека человеком в капиталистическом обществе задерживали процесс эволюции земледелия.

Изучая достижения агробиологической науки с позиций материалистической диалектики, выдающийся русский ученый Василий Робертович Вильямс (1863—1939) раскрыл те законы почвенного плодородия, используя которые можно беспрерывно повышать урожайность всех сельскохозяйственных куль-

тур и улучшать качество получаемой продукции. В своих исследованиях В. Р. Вильямс ставил перед собой задачу создания культурных почв, обеспечивающих высокие и устойчивые урожаи при наименьшей затрате труда. Обновить, преобразовать землю, освободить человечество от вековой власти земли — так ставил вопрос Вильямс. Но при постановке этого поистине грандиозного вопроса он исходил не из абстрактных умозаключений, а учитывал достижения агробиологической науки.

По окончании Петровской земледельческой и лесной академии (1887 г.) В. Р. Вильямс получил заграничную научную командировку для подготовки к ученой и профессорской деятельности. Совершенствуя свои знания в лабораториях известных ученых того времени по агрономии и биологии в Париже, Мюнхене и других городах Западной Европы (в Институте Пастера — у Пастера и его ученика Пьера Эмиля Дюкло, в лабораториях Шлезинга, Мюнца, Вольни), В. Р. Вильямс уже тогда дал критический анализ западной агрономии.

Западноевропейское почвоведение того периода характеризовалось «агрикультурхимическим» направлением, в основе которого лежало изучение почвы лишь как среды для произрастания сельскохозяйственных растений, как химической и физической массы. Почвы изучались вне связи с законами их развития. Такое изучение почв хотя и давало материал для некоторых выводов и практических указаний, все же страдало явным эмпиризмом и не было перспективным.

Анализируя развитие науки по отдельным этапам и, в связи с этим, роль и значение того или иного крупного ученого, в области естествознания и особенно в почвоведении, приходится прежде всего отметить, что в России в силу своеобразных социально-экономических условий многие отрасли естественноисторических наук, в том числе и почвоведение, развивались самостоятельно, вне зависимости от Запада.

Приоритет России в утверждении научных основ почвоведения подтверждается исследованиями многих ученых. Так, на-

пример, еще в XVIII веке были опубликованы широко известные работы наших соотечественников — М. В. Ломоносова «О слоях земли» в виде приложения к «Первым основаниям металлургии или рудных дел» (1763 г.), профессора Московского университета М. И. Афонина «Слово о пользе, знании, собирании и расположении чернозему, особливо в хлебопашестве» (1771 г.), профессора И. М. Комова «О земледелии» (1789 г ). Нельзя не упомянуть и о знаменитой работе А. Н. Радищева, «Путешествие из Петербурга в Москву», в которой много полезного материала и для почвоведения.

Среди работ XIX века особо следует отметить труд академика Ф. И. Рупрехта «Геоботанические исследования о черноземе» (1886 г.), ряд почвенных карт и описаний к ним; знаменитые работы и опыты по обработке почв и удобрению Д. И. Менделеева (1867—1869 гг.) и ряд других.

Мировую известность получили работы по исследованию почв: в Петербургском университете — В. В. Докучаева, Н. М. Сибирцева, А. В. Советова и П. А. Костычева; в Петровской сельскохозяйственной академии — И. А. Стебута, К. А. Тимирязева, Г. Г. Густавсона, А. А. Фадеева; в Казанском университете — Р. В. Ризположенского.

Колыбелью создания новой дисциплины почвоведения был Петербургский университет, где работали В. В. Докучаев, Н. М. Сибирцев и П. А. Костычев.

Заслуга В. Р. Вильямса состоит в том, что он творчески развил учение своих предшественников о почве, обогатил его новыми открытиями, обобщил достижения науки и передового опыта в почвоведении и земледелии и на прочном фундаменте современных успехов естествознания в результате упорного творческого труда создал травопольную систему земледелия.

В. Р. Вильямс, наряду с обычным изложением материалов о достижениях науки, уже в ранних своих работах, а также и при чтении лекций делает первые шаги, пока, быть может, сти-

хийно, к диалектическому пониманию природных явлений, протекающих в самой почве.

В этом отношении весьма показательна первая работа В.Р. Вильямса «Исследование почв Мамадышского уезда, Казанской губернии» (1888 г.). При изучении почв в этот самый ранний период своих исследований В. Р. Вильямс не забывал о существенном свойстве почвы — ее плодородии, что отчетливо видно из первых строк этого небольшого исследования.

«Главные затруднения,— писал В. Р. Вильямс,— при экономической оценке почв заключаются в определении ее плодородия, каковое зависит, в свою очередь, от причин климатических и почвенных, а в данной местности, при однообразии климатических условий, от причин, только в самой почве находящихся, и от ее положения.

Следовательно, чтобы судить о плодородии данной почвы и ее технической пригодности вообще, требуется выяснить, в какой мере положение участка и внутренние свойства почвы влияют на ее плодородие»[1].

В своей ранней работе «Значение органических веществ почвы» (1902 г.) В. Р. Вильямс, обращает внимание на то обстоятельство, что «в жизни почвы мы являемся свидетелями целого ряда совершающихся на наших глазах геологических процессов» [2].

Современное развитие научных исследований показывает, что эта идея, высказанная еще Ломоносовым, является для геологии не менее плодотворной, чем и для почвоведения.

«А разве в архиве природы, на геологических напластованиях земли, не занесена деятельность органического вещества почвы настолько выпуклыми чертами, что следы этой деятельности не могли быть стерты даже геологическими периодами? Чем, как не микробиологической деятельностью почвы, можем объяснить

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. I, 1949, стр. 73.
[2] Там же, стр. 259.

мы скопление фосфорной кислоты в форме фосфоритов и капролитов?»[1].

В. Р. Вильямс еще в самом начале своей научной деятельности, совпавшей с новым этапом развития науки о почве, принимал активное участие в создании почвоведения как биологической науки. Он всемерно содействовал своими трудами такому направлению в науке, когда за биологическими факторами, отмеченными еще В. В. Докучаевым, начинает постепенно признаваться решающее начало в образовании почвы, а органическое вещество почвы начинают рассматривать как сердцевину многих процессов почвообразования. Поэтому неудивительно, что в своем основном труде «Почвоведение» В. Р. Вильямс с исчерпывающей полнотой обосновал ведущую роль растительности вообще и различных растительных формаций в особенности в вопросах почвообразования и формирования почв.

Учение В. Р. Вильямса о почве, сформулированное им в последние годы его жизни — это уже строго продуманная, проверенная громадным количеством фактического материала, достаточно аргументированная экспериментальными работами система взглядов. Здесь почва рассматривается как природное тело, как основное сельскохозяйственное средство производства, как предмет и продукт труда с его существенным свойством — плодородием.

В 1891 г. Совет Петровской земледельческой и лесной академии, по представлению профессора А. А. Фадеева (учителя Василия Робертовича), поручает В. Р. Вильямсу чтение курса общего земледелия, включавшего тогда основы почвоведения, общего земледелия, селекции и машиноведения.

Одновременно с чтением курса лекций по общему земледелию В. Р. Вильямс приступает к окончательной разработке своего, в дальнейшем ставшего классическим, метода механического

---

[1] В. Р. Вильямс. Собр.соч., т. I, стр. 258—259.

анализа почв. В 1893 г. он блестяще защищает свою работу «Опыт исследования в области механического анализа почв» в качестве магистерской диссертации.

В этой научной работе В. Р. Вильямс показал себя крупным экспериментатором, прекрасно владеющим лабораторными методами исследований. Он очень много внимания уделил мельчайшим частицам почвы — почвенному илу, содержащему в себе наиболее важные агрономически коллоидальные частицы почвы. Группа ила стала для Вильямса предметом самого тщательного изучения еще в то время, когда наука о почвенных коллоидах только зарождалась. Разработанный им метод механического анализа является единственным способом, который позволяет получить в чистом виде все тонкие фракции механических элементов почвы и тем самым делает их доступными для всестороннего изучения. Наряду с этим он тщательно разработал классификацию механических элементов почвы, получившую всеобщее признание. В своих последних работах В. Р. Вильямс дал, кроме того, характеристику петрографического состава каждой фракции.

На основе характеристики почвы по ее механическим элементам стало возможным получать необходимые представления о физических и химических свойствах почв, об их поглотительной способности, о петрографическом и минералогическом составе.

В результате изучения механического состава почв В. Р. Вильямсом дана обоснованная характеристика основных механических элементов рухляковой породы и почвы. Он отметил, что среди механических элементов имеются две группы, наличие которых приводит к развитию в природе и почве ряда новых явлений: группа средней и тонкой пыли, состоящая по преимуществу из аморфной кремневой кислоты, и группа ила, представленная смесью каолина, окисей железа и марганца и находящаяся в состоянии коллоидального измельчения.

Физико-химическое изучение состава механических элементов породы и почвы дало В. Р. Вильямсу возможность сделать

вывод, что только ил обладает свойством связности, или способностью при высыхании сохранять приданную его массе во влажном состоянии форму. Остальные механические элементы не обладают связностью ни в какой мере. Сформованная из них во влажном состоянии фигура рассыпается после высыхания либо сама собой, либо от малейшего прикосновения.

В последней четверти XIX столетия в России начала быстро развиваться наука о почве как самостоятельная естественно-историческая дисциплина. Такому развитию способствовала дружная творческая работа трех русских ученых — В. В. Докучаева, Н. М. Сибирцева и П. А. Костычева. В результате работ этих ученых и их последователей накопился большой фактический и научный материал, помогавший углубленно изучать разные стороны природных процессов почвообразования и почвенного покрова в России, где имеются почти все основные почвенные области или зоны. В этот период в России, в условиях развития капитализма и различных реформ, вынужденно проводимых царским правительством под влиянием зарождавшегося общественного и революционного движения, стало уделяться больше внимания вопросам сельского хозяйства. Введение земства, появление, наряду с помещичьим и капиталистическим сельским хозяйством, многих мелких и мельчайших крестьянских хозяйств — все это заставило правительственные и земские органы задуматься над качественной оценкой земель в целях, в первую очередь, налогообложения, а также и проведения некоторых мероприятий для получения устойчивых урожаев, хотя в отношении последнего следует отметить, что в большинстве случаев дальше проектов дело в сущности и не шло.

Необходимо было установить характер почв, их плодородие, составить почвенные карты и решить ряд вопросов, связанных с распашкой целинных земель, с введением таких новых культур, как сахарная свекла и хлопок, а также расширением посевов озимых и яровых пшениц и других зерновых и технических культур.

После реформы 1861 г. в России стал быстро развиваться капитализм, что не могло не сказаться и на сельском хозяйстве.

Перед русской деревней, в значительной части середняцких и, особенно, бедняцких хозяйств, страдавшей от малоземелья, со всей остротой встал земельный вопрос. Тяжелые экономические условия деревни, экстенсивное ведение сельского хозяйства, большая выпаханность земель, периодически повторяющиеся неурожаи —все это требовало радикальных мер, которых, однако, не могло осуществить царское правительство.

Потребовалось создание для деревни новой, более устойчивой налоговой системы. Поэтому в правительственных и общественных кругах возник вопрос об использовании почв как «объективных показателей». Отсюда возникла потребность создать так называемые бонитировочные — оценочные шкалы, на основании которых по стабильному состоянию почвы можно было бы определить ее плодородие. Следовательно, надо было разработать особые классификации почв по их качеству. Создание таких бонитировочных классификаций в своей основе имело порочное начало, было метафизично. Почва бралась как таковая, без учета каких-либо изменений в ее развитии, без рассмотрения социально-экономических условий.

Но и такой, хотя и ограниченный, интерес к познанию почв, позволил русским ученым использовать этот социальный заказ в интересах науки о почве. Выявилась потребность широко и всесторонне изучить географию почв, дать представление о свойствах, какими они обладают в так называемом статическом состоянии, без учета возможных изменений во времени и пространстве в естественном состоянии и под влиянием производства,— дать общее представление о природном их плодородии. Вопрос об эффективном плодородии не стоял еще перед почвоведами. Почвоведение в этот период, в силу указанных причин, развивалось односторонне; тем не менее, к концу прошлого столетия исследователями-почвоведами был накоплен ценный научный материал.

В 1894 г., вместо закрытой, в связи с политическими волнениями студентов, Петровской земледельческой и лесной академии, царское правительство под давлением научной общественности вынуждено было открыть Московский сельскохозяйственный институт, который сумел полностью воспринять и сохранить лучшие революционные традиции академии. В. Р. Вильямс был приглашен в этот институт в качестве адъюнкт-профессора для заведывания кафедрой почвоведения и общего земледелия.

В. Р. Вильямс, приступив к новой работе, показал свои блестящие организаторские способности. Созданная им кафедра из года в год развивалась и приобрела мировое значение. Преподавание почвоведения и общего земледелия он строил с таким расчетом, чтобы эти предметы полностью отвечали формированию будущих широко образованных ученых агрономов, деятелей различных отраслей сельского хозяйства.

Следующие годы своей деятельности В. Р. Вильямс использовал на то, чтобы основательно ознакомиться с природными и хозяйственными условиями отдельных областей как в России, так и за границей. Приобретенные им знания и опыт дали ему возможность приступить к длительной и плодотворной работе по коренному пересмотру взглядов на почву, существовавших в агрономической науке.

В феврале 1894 г. В. Р. Вильямс, по командировке Министерства земледелия, уезжает в Чикаго для организации пяти русских сельскохозяйственных отделов на Всемирной Колумбовой выставке. Там, в качестве председателя Международной экспертной комиссии, он приобретает широкую известность в научно-агрономических кругах. И с тех пор у него устанавливается деловая научная связь с крупнейшими учеными Нового и Старого света.

Любознательный и пытливый ум, упорное стремление обогатиться знаниями и опытом заставили молодого ученого в период заграничных командировок использовать весь свой досуг для научной и творческой работы. Будущий академик изъездил, а в ряде случаев исходил пешком поля и виноградники солнеч-

ного Прованса и другие места Франции, песчаники и верещатники Германии, посетил родину знаменитой канадской пшеницы в Сосхачеване, побывал в приморских низинах Калифорнии и в других интересовавших его районах Северной Америки.

Любовь к путешествиям сохранилась у него в течение всей жизни. Исследуя почвы, он побывал во многих местностях Европейской России, Сибири и Кавказа. Во всех своих путешествиях он собирал материал по почвам, геологии и растительности, подтверждающий и иллюстрирующий разработанное им впоследствии учение о едином (но не одном) процессе почвообразования на земном шаре, о наличии основных стадий, или периодов, почвообразования, о развитии почв во времени и пространстве.

Летом 1895 г. В. Р. Вильямс работал в гидрологической экспедиции, организованной под руководством известного геодезиста Тилло. Экспедиция подробно изучила истоки рек Волги, Оки, Сызрани и Красивой Мечи, собрала богатейший материал. На основании наблюдений этого времени у В. Р. Вильямса зарождается мысль о создании учения о речных поймах, с курсом луговодства.

Осенью 1895 г. В. Р. Вильямсу была поручена научно-техническая организация первых в России чайных плантаций — в Чакве, Салибедри и Капришум, близ Батуми. Он блестяще справился с поручением, а для своих научных работ собрал ценный материал по русским субтропикам с характерными для них красноземными почвами и дал характеристику этой субтропической области.

В. Р. Вильямс — один из первых дал глубоко научное и правильное объяснение процессам, протекающим в почвах этой области, а самые почвы и субтропическую зону, которую он назвал южной лесо-луговой, рассматривал, как результат развития почвообразовательных процессов, аналогичных дерново-подзолистым. Этот взгляд долго не учитывался, но за последнее время находится все больше и больше его сторонников.

Подходя в настоящей статье к выяснению роли и значения

трудов В. Р. Вильямса в развитии сельскохозяйственных и биологических наук, необходимо прежде всего остановиться на его более ранних работах, охватывающих период его деятельности с 1897 по 1912 год и в значительной степени относящихся к вопросам очистки сточных вод и организации полей орошения. В этих работах, тесно связанных с комплексным решением сложных задач сельского хозяйства, хорошо прослеживается, как у В. Р. Вильямса начало зарождаться то новое представление в учении о почвах, которое в дальнейшем получило название биологического почвоведения.

В. Р. Вильямс проявил себя в этих исследованиях как агробиолог, агроном, почвовед, инженер, мелиоратор и, наконец, как организатор сельскохозяйственного производства.

Обезвреживание сточных вод требовало капитальных знаний в области биологии почв — основы всего процесса очистки сточных вод на полях орошения. В. Р. Вильямс, взявшись за большое практическое дело, превратил поля орошения в большое опытное поле, в научно-экспериментальную станцию, в крупную лабораторию по изучению биологии почв.

В этой своеобразной лаборатории В. Р. Вильямс выполнил большое количество замечательных научных работ в области биологии почвы, послуживших в дальнейшем для обоснования его теоретических положений о едином процессе почвообразования, о роли растительных формаций в общей схеме почвообразования, об образовании перегноя почвы и перегнойных кислот, о подзолистом и дерновом периодах почвообразования.

Нельзя не отметить некоторых положений, высказанных В. Р. Вильямсом в работе «Условия, создаваемые полями орошения для окрестного населения» (1897 г.). «Обезвреживание сточных вод почвой,— пишет он,—есть процесс, в основе которого лежит ряд биологических явлений — обезвреживание является результатом жизненных процессов известных микроорганизмов, населяющих почву». И далее: «Явление обезвреживания возможно только при известной продолжительности

соприкосновения обезвреживаемой среды с обезвреживающим началом; оно не может произойти мгновенно, при соприкосновении этих двух сред, как это бывает при явлениях чисто химического характера; оно требует, как явление биологическое, времени и наличности известных условий»[1].

В работах В. Р. Вильямса, связанных с организацией Московских полей орошения, затрагиваются разнообразные вопросы, касающиеся физиологии растений, микробиологии, почвоведения, земледелия. Все эти вопросы решаются не только на уровне науки и техники того периода, но при этом уже достаточно ясно выявляется и то новое, что через несколько лет, в 1912 году, В. Р. Вильямсом было изложено в его блестящем трактате под скромным названием «Почвы Люблинских полей орошения». Здесь и в несколько более поздних работах по почвоведению, луговодству и земледелию, по существу, уже изложены все основные вопросы об органическом веществе почвы, о значении аэробного и анаэробного микробиологических режимов почвы; в этой работе дано полное представление о подзолистом и дерновом периодах почвообразования, а также заложены основы учения о пойме.

Следовательно, приходится отметить, что к 1910—1912 годам В. Р. Вильямс не только наметил основные положения нового учения о почве, но и развил дальше генетическое почвоведение В. В. Докучаева, переведя его в новый этап — биологического почвоведения.

Приведем некоторые высказывания В. Р. Вильямса, из которых видно, что он уже в то время отходил от широко распространенных ранее взглядов на почву.

«Мне пришлось вдаться в настоящем обзоре в довольно большие теоретические подробности, быть может, скучные для неспециалистов-почвоведов, но мне казалось, что на основании одних морфологических, видимых простым глазом, особенностей

---

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. II, стр. 11—12.

и признаков почвы я не буду в состоянии обосновать степень пригодности различных почв для такой специальной функции, как обезвреживание органических веществ сточной жидкости, и мне поневоле пришлось вдаться в ту область почвоведения, которую можно назвать физиологией почвы.

Почвообразовательный процесс представляет процесс воздействия биологических факторов на продукт выветривания горных пород — материнскую породу — и складывается из двух равнозначащих элементов, одинаковых на всем земном шаре: процессов создания органического вещества и процессов разрушения того же созданного вещества; и в результате беспрерывно и закономерно изменяющихся комбинаций этих двух неразрывных элементов почвообразовательного процесса с так же беспрерывно и закономерно развивающимися и меняющимися геологическими процессами, климатом страны, рельефом местности и характером материнской породы получается беспрерывно замкнутая цепь разных стадий эволюции почвенных образований и беспрерывная закономерная смена их морфологических признаков.

В этой неразрывной цепи, определяющей характер и свойства почвы и ее пригодность для любой специальной цели, нельзя выкинуть ни одного звена, не разорвав цепь»[1].

Правда, здесь В. Р. Вильямс рассматривал стадии почвообразования еще в беспрерывно замкнутой цепи. В дальнейшем, после достаточно глубокого овладения марксистским методом исследования, он освободился от концепций, которые были присущи большинству крупных ученых XIX и начала XX столетий. В работах, напечатанных в 1914—1916 годах, а затем в своем «Почвоведении» В. Р. Вильямс уже правильно характеризует развитие процессов почвообразования по спирали, говоря о скачкообразных качественных изменениях, называемых им «революционным моментом эволюции».

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. II, 1948, стр. 381.

Восприняв все лучшее от классиков почвоведения, В.Р. Вильямс поставил перед собой задачу дальнейшего развития науки о почве. В своем труде «Почвоведение» он особо отмечает роль основоположников почвоведения — В. В. Докучаева, Н. М. Сибирцева и П. А. Костычева; в теоретических его исследованиях достаточно ясно проходят основные положения этих великих ученых.

В предисловии к первому изданию «Почвоведения» (выпуск I, 1914 г.) Вильямс пишет: «В настоящем курсе *Почвоведения* я старался подойти к изучению почвы с точки зрения, впервые зародившейся под влиянием творца науки о почве, профессора Василия Васильевича Докучаева, и получившей свое полное обоснование у его ученика и общего учителя всех русских почвоведов, профессора Николая Михайловича Сибирцева»[1]. Между тем, до последнего времени среди почвоведов существовало неправильное представление, будто бы В. Р. Вильямс, выйдя из другой школы, не придает должного значения генетическому почвоведению.

В. Р. Вильямс еще в первых своих работах, к которым относится курс «Почвоведение», полностью воспринимает естественно-историческую классификацию почв, предложенную Н. М. Сибирцевым, и кладет ее в основу своих положений о почве. А по прошествии многих лет, в предисловии к книге В. В. Докучаева «Русский чернозем» он обоснованно отмечает роль Докучаева в создании современного генетического почвоведения, говоря о том, что этот ученый «...умел видеть закономерную связь явлений, что почву он стал рассматривать как природное развивающееся тело, что он рассматривал, всю единую, цельную и нераздельную природу, а не отрывочные ее части“»[2].

В дополнение к классическому определению понятия о почве, сделанному В. В. Докучаевым: «*Почвою следует называть*

---

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. V, стр. 9.

[2] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. VIII, стр. 293.

*«дневные», или наружные горизонты горных пород (все равно каких), естественно измененные совместным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов, живых и мертвых»*,[1] В. Р. Вильямс, развивая основные положения В. В. Докучаева о почве, дает следующее определение: «Когда мы говорим о почве, мы разумеем *рыхлый, поверхностный горизонт суши земного шара, способный производить урожай растений*»[2].

Углубляя это определение, он отмечает, что существенным свойством почвы следует считать плодородие. Это качественное отличие почвы от породы, независимо от количественного его проявления, сразу ставит почву как природное тело в особую и достаточно сложную группу природных образований.

В своих последних работах В. Р. Вильямс показал, что плодородие неотделимо от почвы. Почвоведение — синтез естествознания. В почве, в этом рыхлом поверхностном горизонте суши земного шара сконцентрированы разнообразные природные явления. Почва — не мертвый минеральный субстрат; она находится в глубоком взаимодействии с мертвой и живой природой. В почве проявляется разнообразная жизнь организмов — от высших до самых мельчайших, ничтожных микроорганизмов.

Приведенные положения В. Р. Вильямса особенно важны потому, что многие почвоведы в разные этапы развития науки о почве не понимали, что зарождение почвы, ее образование, ее формирование и развитие начинаются там, где кончается мертвая порода. Многие, недостаточно учитывая то, что каждому природному телу свойственны отличительные, только ему присущие признаки, пытались рассматривать почву только как поверхностный слой горной породы, ослабляя тем самым значение науки о почве в жизни человечества.

Кора выветривания — вот основа процессов почвообразования у таких представителей почвоведения, получивших

---

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. V, стр. 26.
[2] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. VI, стр. 45

название «короведов» и смотревших на почву, как на мертвую массу, минеральное образование.

«Короведы» разных формаций и генераций до сих пор не могут или не хотят понять, что «почва,— как это почти с самых ранних лет своих работ ясно и отчетливо подчеркивал В. Р. Вильямс,— отличается от образующего ее рухляка именно своей *избирательной* способностью концентрировать и накоплять *элементы зольной пищи растений*». И далее: «Нам известно только одно состояние минерального вещества, совершенно *защищенного от растворения в воде, это — состояние живого органического вещества*. Как только органическое вещество отмирает, его элементы минерализуются, тотчас делаются растворимыми в воде и поступают в большой геологический круговорот воды»[1].

В 1896 г. В. Р. Вильямс начал чтение систематического курса почвоведения и общего земледелия для студентов третьего курса Московского сельскохозяйственного института. Исключительно содержательные и оригинальные по изложению, увлекательные и безукоризненные по форме лекции В. Р. Вильямса приобретают популярность даже за пределами института и с каждым годом привлекают все большее число слушателей.

С первых лет организации кафедры почвоведения Московского сельскохозяйственного института у В. Р. Вильямса зародилась мысль о создании почвенного музея, в котором можно было бы показать формирование почв как природного тела и представить почвы как основное средство производства, как предмет труда.

В годы, предшествовавшие организации музея, на кафедре почвоведения накопился большой и ценный материал. Систематизируя его, В. Р. Вильямс создал богатейшие коллекции почв, растительности и горных пород по всем основным почвенным зонам, с научно-разработанной их характеристикой. Весь этот материал в дальнейшем послужил основой для организации музея.

---

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. VI, стр. 68—69

Музей систематически посещался русскими и иностранными учеными, студентами, школьниками, агрономами и приобрел широкую популярность. Огромнейшее значение этого почвенного музея отмечено особым постановлением правительства от 11 ноября 1934 года. Музею присвоено имя его организатора — академика В. Р. Вильямса.

Коллекционный материал музея по своему богатству, научной разработке, широте и разнообразию отражаемых проблем представляет собой мировую сокровищницу в области почвоведения и агрономии и по праву может считаться гордостью советской науки.

В. Р. Вильямс детально разработал план распределения коллекций в строго выдержанной научной системе и дал схему распределения материала по отдельным залам. Этот план, представляющий сам по себе глубокий интерес, был напечатан в сборнике, посвященном памяти академика В. Р. Вильямса (издание Академии Наук СССР, Москва, 1941 г.). В указанном плане В. Р. Вильямсом дается по существу краткое изложение всей истории развития почв, связанной с характером геологических отложений, горными породами, растительностью, климатом, рельефом. Наряду с этим, автором намечена схема развития существенного свойства почвы — ее природного и эффективного плодородия. Особое место, по намеченному плану, отводится травопольной системе земледелия; приводятся конкретные материалы, с учетом местных особенностей почвенно-климатических областей, по агротехнической организации сельскохозяйственной территории, разработке севооборотов, размещению полей по территории землепользования в отдельных МТС, колхозах и совхозах.

В 1902 г. В. Р. Вильямс был командирован на Всемирную Парижскую выставку, где работал в Международной арбитражной комиссии, а вернувшись из-за границы, начал большую научно-исследовательскую работу по изучению органического вещества почвы, наиболее существенной и наиболее сложной

его части — перегноя. Для разрешения этой задачи им осуществляется оригинальная методика постановки опыта, приближающая весь процесс изучения к природной обстановке.

В почве были заложены специальные почвенные лизиметры (10 бетонных камер-ящиков), объединенные общим коридором. В каждую такую камеру помещалась «навеска» одной из почв (дерново-подзолистой, чернозема, солончака, торфяной, дерновой почвы поймы, песка и глины) весом в несколько тонн, доставленных из разных мест России.

Внизу каждого ящика имелась отводная трубка, через которую пропускались проходящие через почву атмосферные воды и почвенные растворы. Периодически эти растворы собирались в бутыли. В лаборатории растворы фильтровались через специальные бактериальные фильтры и выпаривались. Собираемый сухой остаток служил материалом для выделения перегнойных кислот.

Громадный и усидчивый труд на протяжении свыше десятка лет позволил собрать необходимое количество сухого остатка, достаточного для проведения химических анализов и последующего выделения перегнойных кислот с целью изучения их свойства в зависимости от среды, типа почвы и условий образования.

По своей грандиозности, оригинальности и сложности эта работа, выполненная В. Р. Вильямсом, является единственной в почвенной литературе. В результате своих исследований он пришел к выводу, что перегнойные вещества почвы — перегнойные кислоты — есть продукт синтеза, совершающегося в процессе жизнедеятельности микроорганизмов почвы. Им были установлены общие свойства перегнойных кислот — гуминовой, ульминовой, креновой и апокреновой, которые образуются в различных почвах в результате процессов почвообразования.

Учение о перегнойных веществах и перегнойных кислотах, разработанное В. Р. Вильямсом, продолжительное время встречало возражения, так как роль биологических процессов в почвообразовании многими почвоведами недооценивалась. Заслуга

его состояла в том, что он блестяще сочетал физико-химические и химические процессы, протекающие в материнской породе, с биохимическими и биологическими явлениями, совершающимися в почве под воздействием растительных формаций.

Следует указать на то, что уже в своей работе «Значение органических веществ почвы» (1902 г.) В. Р. Вильямс совершенно по-новому поставил вопрос о химизме почвы. По его представлению, это не простые химические реакции, совершающиеся в любой минеральной породе, а сложные биохимические и биологические процессы, протекающие в почвенном комплексе, состоящем из живой и мертвой породы.

«Весь химизм почвы есть не более как функция органического вещества ее и притом вещества, частью мертвого, частью оживленного самой деятельной напряженной жизнью, и в материнской породе, в продуктах выветривания горных пород, мы не встречаем того деятельного беспрерывно идущего химизма лишь оттого, что эта порода мертва. Внесите в нее органическое вещество — внесите в нее жизнь, и очень быстро мертвая материнская порода обратится в живой комплекс, связывающий минеральную природу с органической, мертвую с живой,— она обратится в почву...»[1].

При изучении органических веществ В. Р. Вильямс не мог не учесть выдающихся исследований Луи Пастера, а также ценнейших работ С. Н. Виноградского и В. Л. Омелянского о роли микроорганизмов в разрушении мертвых растительных и животных остатков, находящихся в почве и на почве. Изучая развитие подзолистого периода почвообразования и те изменения, которые происходят в верхних слоях материнской породы, В. Р. Вильямс показал, что конечные продукты выветривания породы, к которым следует отнести глину и каолин, при современных термодинамических условиях сохраняющиеся в породе без изменения, подвергаются резкому разрушению под воздействием

[1] В. Р Вильямс. Собр. соч., т. I, стр. 258.

продуктов жизнедеятельности грибов — креновой кислоты. Этот взгляд на роль микроорганизмов в разрушении конечных продуктов выветривания, долго оспаривавшийся некоторыми исследователями, совершенно самостоятельно подтвердил другой крупнейший ученый, минералог и геобиохимик академик В. И. Вернадский.

В 1904 г. В. Р. Вильямс на специально организованном при кафедре участке закладывает биологический питомник многолетних трав — злаковых и бобовых, насчитывающий до трех тысяч видов, рас и форм. В результате наблюдений и долголетних исследований были выделены чистые линии можайской формы райграса пастбищного и овсяницы луговой; из бобовых— желтая раса люцерны и две расы гибридной люцерны, одна из которых впоследствии была вывезена проф. Ганзеном в Соединенные Штаты Америки.

Исследования, продолжавшиеся в биологическом питомнике, дали возможность собрать ценный материал для обоснования научного луговодства в России и определения роли растительных формаций в почвообразовании и формировании отдельных почвенных типов.

В 1911 г. при кафедре почвоведения В. Р. Вильямс организует Высшие курсы по луговодству. Со слушателями курсов он проводит экспедиции по изучению почв, растительности и рельефа речных пойм. Эта работа способствует оформлению его учения об образовании пойм.

В 1913—1914 гг. при кафедре почвоведения был организован специальный отдел по изучению солонцов, засоленных и орошаемых земель, впоследствии реорганизованный в Государственный солонцовый институт.

После долгих хлопот В. Р. Вильямс добивается в Министерстве земледелия разрешения на организацию Высшего государственного института луговодства (1914 г.). Ныне это Институт кормов имени академика В. Р. Вильямса.

* * *

Необходимо отметить, что В. Р. Вильямс всегда стоял на стороне передовой, революционно настроенной части студенчества и активно оказывал ей помощь. В период общих конституционных реформ в 1906 г., когда Министерство земледелия отменило закон о назначении директоров высших учебных заведений и предоставило право их выбора советам институтов, на пост директора Московского сельскохозяйственного института был единогласно избран В. Р. Вильямс.

За период директорства он провел ряд радикальных реформ в институте. По его инициативе и под личную ответственность в 1906 г. впервые были приняты в институт женщины. В связи с этим директору сделано было соответствующее внушение, но дело было сделано, и женщина-студент появилась в стенах института. Он уничтожил в институте цензовый отбор студентов, по которому в первую очередь принимались дети привилегированных классов. Он же добился расширения приема студентов с 50 до 250 человек.

Студенчество Московского сельскохозяйственного института глубоко уважало, ценило и любило своего директора. В лице В. Р. Вильямса студенты всегда видели не только выдающегося ученого и передового директора, но и истинного друга, старшего товарища, от которого в трудный период можно было получить помощь и совет.

В 1908 г. из-за тяжелой болезни В. Р. Вильямс вынужден был уйти с работы директора; студенчество искренне жалело о его уходе.

«...У нас осталась, глубокоуважаемый Василий Робертович, приятная уверенность, что еще долго-долго мы будем встречаться с Вами, как с нашим профессором; что же касается короткого периода Вашего директорства, то мы верим, что в истории института, являющегося естественным продолжением Петровской академии, Ваша деятельность составит одну из светлых страниц!» (из адреса студентов Московского

сельскохозяйственного института, поднесенного В. Р. Вильямсу в 1908 г.[1].

Студенчество в лице Василия Робертовича нашло чуткого руководителя, который возбуждал в своих слушателях интерес к самостоятельной научно-исследовательской работе. Он был одним из немногих профессоров, способствовавших широкому распространению сельскохозяйственных знаний, развитию инициативы и широкой общественной самодеятельности учащихся.

Имеется ряд «адресов», поднесенных В. Р. Вильямсу студенческими кружками общественной агрономии, любителей садоводства, кружком студентов инженерного отделения института и другими. И уместно привести здесь приветствия из адреса кружка общественной агрономии, которое очень хорошо выразило общее мнение студентов об отношении В. Р. Вильямса к их нуждам.

«Мы встретили в Вас, глубокоуважаемый Василий Робертович, не только чуткого и умелого руководителя всей академической жизни, но также человека, разделяющего мысль о полезности и необходимости организованности и самодеятельности студенчества и именно за кружком Общественной агрономии признавшего огромное значение в смысле пополнения пробела в учебном плане института. Мало того, Вы не только платонически разделяете эту мысль, но и всем, чем могли, не боясь докучливых мелочей, не щадя своего времени, помогали осуществлению этой мысли в жизни, начиная с содействия самому образованию кружка и кончая исключительно благодаря Вам оборудованной новой «лабораторией» агрономического обществоведения — библиотекой и читальней кружка...» И дальше: «И благодаря Вас за помощь, которую Вы нам оказывали, мы благодарим за помощь в осуществлении наших лучших надежд, наших заветных идей. В нашей памяти, в предании сменяющихся поколений нашего кружка, будет

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. I, стр. 16.

жить благодарное воспоминание о Вашей отзывчивости, товарищеской простоте и о той вере в кружок, которую Вы проявили, несмотря на скромное его начало...»[1].

25-летний юбилей научной, педагогической и общественной деятельности В. Р. Вильямса весной в 1914 г. при активной поддержке и участии студенчества Института и вопреки желанию правящих кругов превратился в общественный праздник. Студенчество издало в честь юбиляра научно-популярный сборник, в который вошли статьи его ближайших учеников.

В студенческой столовой был установлен художественно выполненный в натуральную величину портрет любимого профессора.

* * *

В 1911—1914 гг. В. Р. Вильямсом была разработана теория дернового периода почвообразования. По его учению, дерновый период почвообразования разбивается на две стадии — луговую и болотную. В развитии дернового периода почвообразования принимают участие три группы многолетних растений — корневищевые, рыхлокустовые и плотнокустовые злаки, а также бобовые.

Воздействие на почву смеси злаковых и бобовых многолетних трав, особенно в луговой стадии, приводит к обогащению ее деятельными перегнойными соединениями. Почва приобретает особое водопрочное структурное состояние, при наличии которого создается прочное и устойчивое плодородие. Структурное комковато-зернистое строение обеспечивает в почвенных горизонтах одновременное наличие воды, элементов зольной пищи и азота, необходимых для растений.

В современный период развития почв дерновый период почвообразования на земном шаре занимает одно из господствующих мест.

---

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. I. стр. 17.

Последующие исследования, относящиеся к изучению луговой и болотной стадий дернового периода почвообразования, в отдельных случаях вносят дополнения, но общая схема, предложенная В. Р. Вильямсом, полностью выдерживается.

С большой тщательностью В. Р. Вильямс разработал теорию подзолистого и степного периода почвообразования. Блестяще разработано им учение о пойме, занявшее видное место не только в трудах по луговодству, почвоведению и земледелию, но и в работах по геоморфологии и геоботанике.

Критический обзор мирового опыта сельского хозяйства, сделанный В. Р. Вильямсом на основе анализа природного плодородия почв по различным почвенным типам, показал, что в луговой стадии дернового периода почвообразования плодородие почвы достигает своей наибольшей эффективности и прочности, например, на целинных и разной степени продолжительности залежных землях. Это дало ему возможность создать учение о травопольной системе земледелия, в котором имеется теоретическое обоснование возможности получения высоких и устойчивых урожаев.

Для методического руководства, учета местных природных и хозяйственных условий и дальнейшей разработки научных теорий В. Р. Вильямса постановлением правительства организована Всесоюзная почвенно-агрономическая станция имени академика В. Р. Вильямса.

Неоценимой заслугой В. Р. Вильямса является то, что он, как агроном, показал неосновательность буржуазного «закона» об убывающем плодородии почв, подвергнув его критике с точки зрения агротехники, дав яркую иллюстрацию к классическим доказательствам В. И. Ленина, блестяще опровергнувшего этот «закон» с экономической стороны.

Высокие урожаи, на протяжении ряда лет получаемые мастерами социалистического земледелия и передовыми хозяйствами, опрокинули предельческие «теории», подтвердили учение новаторов агрономической науки и показали, что рост урожай-

ности беспределен. В период развития движения за высокие урожаи учение В. Р. Вильямса явилось основой получения высоких урожаев. Подтвердилось его указание о том, что урожай может беспредельно расти, если одновременно воздействовать на всю «алгебраическую» сумму комплекса внешних условий, в которых растет и развивается сельскохозяйственное растение.

В своем труде «Основы земледелия» В. Р. Вильямс делает вывод: «Ничто не может ограничить роста урожаев, кроме величины притока солнечного света и тепла. А этот приток огромен. Сейчас мы используем лишь очень-очень маленькую часть притока света и тепла»[1].

Указание Маркса о том, что земля, если она правильно возделывается, все улучшается, явилось одним из основных положений для обоснования теории Вильямса о получении высоких урожаев и переделке природы почвы. Заслуга В. Р. Вильямса заключается также и в том, что идеи развития почв, теория о едином процессе почвообразования с многообразием форм его проявления на земной поверхности, вопросы историчности процессов почвообразования он разработал на основе диалектического метода исследования.

Заслуга В. Р. Вильямса заключается не только во вскрытии биохимических и микробиологических процессов образования почв, не только в том, что он все эти процессы дал в своей знаменитой схеме о роли и значении четырех основных растительных формаций в процессе почвообразования, но и в разрешении чисто практических вопросов земледелия, ухода за почвой и особенно в обосновании зяблевой вспашки, как одного из существенных элементов системы обработки почвы. Одновременно В. Р. Вильямс указывает на необходимость создания определенных кислородных и бескислородных условий в почве. Так, говоря о значении бескислородных условий, он под-

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. VII, стр. 283.

черкивает: «Мы, во-первых, регулируем состав микроскопического населения почвы и, во-вторых, способствуем накоплению в почве перегноя»[1].

Вскрывая многообразную деятельность всех видов микроскопического населения почвы как проявление природных процессов, В. Р. Вильямс указывает на необходимость регулировать эту деятельность в интересах накопления органического вещества почвы и создания ее высокого и устойчивого плодородия. Им также указана разница, вызываемая наличием в верхних горизонтах почвы кислородных и бескислородных условий. Наличие условий, обеспечивающих полный доступ кислорода, вызывает бурное разложение органического вещества, и последнее разрушается почти нацело; процесс идет «до полной минерализации всех элементов органического вещества». Совсем другое происходит в бескислородных условиях, где масса органического вещества растений и животных, отмирая, приводит к накоплению органического вещества в почве.

Значительное влияние на развитие научной мысли В. Р. Вильямса оказало учение К. А. Тимирязева. Научные положения В. Р. Вильямса о взаимосвязи и взаимодействии растения и почвы, а также о роли корневой системы растений по существу своему развивают взгляды К. А. Тимирязева.

Освоение научного наследия классиков естествознания и диалектическое преломление достижений в учении о почве дало В. Р. Вильямсу возможность поднять почвоведение на более высокую ступень. Почвоведение из группы геологических наук перешло в систему биологических.

Почвоведение — наука развивающаяся, делающая все новые и новые успехи. В своих теоретических исследованиях В. Р. Вильямс рассматривает почвообразование как один из этапов беспрерывного процесса развития жизни на земной поверхности.

---

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. VII, стр. 375—376.

«*Это один общий, грандиозный по масштабу и продолжительности процесс*, — говорит Вильямс, — зародившийся в то время, когда термодинамические и электрохимические условия безжизненных процессов развития земли определили появление жизни, которая в дальнейшем своем развитии определяет и смену геологических эпох. Но наука была в состоянии уловить лишь наступление качественных изменений эволюции почвообразования, которые и отличала как *периоды*, *стадии* и *фазы* его развития в современную геологическую эпоху. При изучении взаимоотношения процессов создания и разрушения органического вещества необходимо разобраться в общих свойствах организмов, участвующих в процессах, и в совокупности последствий их жизнедеятельности, составляющей сущность процесса почвообразования»[1].

Организмы, создающие органическое вещество почвы, как указывает В. Р. Вильямс, принадлежат по преимуществу к группе зеленых растений, но частично эта роль принадлежит и хемотрофным организмам — беспигментным микроорганизмам. Разложение мертвого органического вещества может протекать как в аэробных условиях, при действии аэробных бактерий и грибов, так и в анаэробных, при действии анаэробных бактерий.

Природные комбинации групп зеленых и бесхлорофильных растений В. Р. Вильямс назвал растительными формациями. Основные растительные формации наземных растений таковы:

1. *Деревянистая растительная формация*, слагающаяся из сожительства деревянистых зеленых растений, грибов, актиномицет и, как это будет видно дальше, анаэробных бактерий. Растительные сообщества хвойных и лиственных лесов умеренного пояса имеют один зимний период, когда уменьшается, но не прекращается снабжение их водой; летом и осенью растения снабжаются водой равномерно. Растительные сообщества тро-

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. I, стр. 21.

пических и субтропических лесов перерывов в снабжении растений водой в течение всего года не имеют.

2. *Луговая травянистая растительная формация*, в которой сожительствуют луговые травянистые зеленые растения, аэробные бактерии и в резко выраженном преобладании анаэробные бактерии. Луговые, лугово-болотные и лугово-степные растительные сообщества имеют один зимний перерыв в снабжении водой; снабжение растений водой в течение лета затруднительно, хотя перерыва нет.

3. *Степная травянистая растительная формация*, состоящая всего из двух членов — степных травянистых зеленых растений и аэробных бактерий. Растения этой формации имеют один зимний перерыв в снабжении растений водой и один летний.

4. *Пустынная растительная формация*, состоящая из хемотрофных бактерий и водорослей, а также бактерий обоих типов (аэробных и анаэробных) и грибов. Растительные сообщества холодных и жарких пустынь имеют многократные в течение всего года перерывы в снабжении растений водой.

Характеризуя пустынный период почвообразования, В.Р.Вильямс еще в 1914 г. поставил вопрос о развитии первичного почвообразовательного процесса и о роли в нем хемотрофных бактерий. Он указывал, что на поверхности рухляковой материнской породы «нарастает слой так называемого *пустынного* загара, концентрирующего в себе элементы зольного и азотного питания растений. Эта тончайшая пленка первичной почвы образуется в результате жизнедеятельности так называемых *хемотрофных бактерий*, черпающих жизненную энергию из минеральных экзотермических реакций, возбуждаемых ими и протекающих на поверхности породы, заселенной хемобактериями, вызывающими взаимодействия ее составных частей с элементами атмосферы. Эти бесхлорофильные организмы, обладая способностью использовать упомянутый источник энергии, синтезируют органическое вещество без усвоения энергии

солнечного света. Они образуют на поверхности породы тонкую пленку, содержащую окиси железа, марганца, фосфорную кислоту и органическое вещество, содержащее азот»[1].

Отметив роль этих микроорганизмов, а вслед за ними и лишайников в развитии первичного процесса почвообразования, В. Р. Вильямс, опираясь на ряд исследований отдельных ученых, изучавших пустыни, вскрыл причины образования «загара пустыни».

В 1936 г., накопив достаточный фактический материал, В. Р. Вильямс написал специальную главу для курса «Почвоведение» — «Развитие первичного почвообразовательного процесса», представляющую большой научно-теоретический интерес. В ней он связал процессы образования органического вещества на земной поверхности с общей эволюцией органического мира и развитием почв, наметив схему развития единого процесса почвообразования и плодородия в разных стадиях его проявления на земной поверхности.

Основными периодами почвообразования, по Вильямсу, являются:

1) *подзолистый*, развивающийся под воздействием деревянистой лесной растительной формации;

2) *дерновый*, с двумя стадиями — луговой и болотной, протекающий в условиях развития разных групп луговой травянистой растительной формации;

3) *степной*, проявляющийся по преимуществу под влиянием степной травянистой растительной формации;

4) *пустынный*, при господстве пустынной растительной формации.

В учебнике «Почвоведение» В. Р. Вильямс, во второй главе: «Общая схема почвообразовательного процесса», дает довольно ясное представление о различии и диалектической взаимосвязи процессов выветривания и процессов почвообразования.

---

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. I, стр. 22.

При рассмотрении этих процессов В. Р. Вильямс указывает, что материнская порода, или, как он называет ее, «рухляк породы», из которого под влиянием растительности развивается почва, для превращения в последнюю не только накопляет количественные изменения, но во всей своей совокупности дает и новые качественные признаки с их существенным свойством — плодородием. Рассматривая процессы выветривания, В. Р. Вильямс отмечает, что растворимые элементы минеральных соединений подчиняются большому геологическому круговороту воды и веществ, и если бы существовал в природе только один такой круговорот веществ, то в поверхностных слоях земли было бы трудно ожидать концентрации различных минеральных элементов. Отсюда он выводит важное свойство процесса почвообразования и самой почвы, отмечая, что почва должна обладать способностью удерживать и концентрировать элементы пищи растений, или поглотительной способностью, только при наличии в ней органического вещества. Разбирая это важное свойство почвы, В. Р. Вильямс подчеркивает, что адсорбированные основания представляют собой чрезвычайно подвижный комплекс соединений, которому совершенно чужда функция накопления и концентрации.

По затронутому вопросу и до последнего времени существуют большие принципиальные расхождения и споры. Исследователи явлений адсорбции (поглощения) большей частью рассматривают их с точки зрения физических, химических и физико-химических процессов. Большая заслуга В. Р. Вильямса состоит в его определенном указании, что избирательная поглотительная способность — свойство зеленых растений, а не самой почвы; только при наличии растений почва, в отличие от рухляка, начинает обладать избирательной способностью, способностью накапливать элементы зольной пищи растений и азот.

Взгляды В. Р. Вильямса на процессы почвообразования и роль биологических факторов в них прогрессивны и весьма перспективны; в специальной литературе по этому вопросу

им принадлежит ведущее место. Если процессы выветривания способствуют образованию и развитию в почве первого элемента плодородия — отношения почвы к воде, то факт биологического процесса — роста и развития растений и, следовательно, образования органического вещества — определяет собою условия, способствующие развитию второго элемента плодородия почвы, т. е. концентрации в ней зольной пищи и азота. Таким образом, схему почвообразования, существенной частью которого является синтез органического вещества и его разложение, В. Р. Вильямс рассматривает как сложный комплекс природных явлений и процессов. По Вильямсу, нет почвы без породы, но почва не порода, и чтобы материнская порода, на которой во всей полноте развертывается большой геологический круговорот веществ, стала почвой, требуется наличие другого процесса, который он называет малым биологическим круговоротом зольной и азотной пищи растений.

«Этот биологический круговорот развертывается на части траектории большого, геологического круговорота веществ в природе, и *выяснение преобладающего направления и темпа процессов, слагающих биологический круговорот, и представляет задачу первого раздела почвоведения как науки. Изучение же способов регуляции направления и темпа явлений, слагающих те же процессы, составляет задачу второго раздела почвоведения, земледелия*»[1].

«*Развитие второго элемента плодородия почвы, концентрации в ней элементов пищи растений, представляет функцию развития самого растения на рухляковой почвообразующей породе*»[2].

В связи с особым подчеркиванием значения биологического круговорота веществ становится совершенно понятным положение В.Р.Вильямса, называемое им третьим основным положением об-

---

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. VI, стр. 70.

[2] Там же.

щей схемы почвообразования, а именно, что *«оба цикла процессов, и выветривания и почвообразования, должны неминуемо протекать одновременно и совместно»*, и что «степень развития одного неминуемо определит степень развития другого». В результате «на безжизненном фоне геологических процессов возникает и развивается жизнь»[1], которая, с точки зрения почвоведения, есть «беспрерывная смена процессов создания и разрушения органического вещества».

В свете выдвинутого В. Р. Вильямсом положения о наличии двух круговоротов веществ — круговоротов, совершающихся на дневной поверхности земного шара в их диалектическом противоречии и взаимосвязи, становятся совершенно понятными как общая схема почвообразования и формирования почв, так и роль, принадлежащая биологическим факторам, особенно избирательной поглотительной способности растений, корневой их деятельности.

В современный геологический период в северном полушарии общая схема распределения почв представлена следующими с разным абсолютным и относительным возрастом основными почвенными типами: почвы арктической области, холодной пустыни с поясом вечного оледенения; тундровые почвы и почвы лесотундры с поясом вечной мерзлоты; северные лесо-луговые, дерново-подзолистые и болотные почвы; почвы лесостепи; лугово-степные, черноземные; почвы сухих и пустынных степей—каштановые и бурые, в разной степени солонцеватости и засолонения; сероземы; южные лесо-луговые почвы — красноземы — и почвы жарких пустынь.

Здесь следует отметить, что приведенная схема представляет собою достаточно полное отражение природных процессов, протекающих в пространстве на больших территориях нашей страны. В этой схеме распределения почв по зонам, с учетом принципов развития почв в пространстве и во времени ясно

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. VI, стр. 70—71.

показаны этапы или стадии единого процесса почвообразования во многообразии форм его проявления. Но имеющееся распределение почв нельзя рассматривать как обязательную для всех периодов и территорий схему.

В. Р. Вильямс блестяще развил мысль В. В. Докучаева о роли материнских пород и рельефа как факторов почвообразования и дал четко сформулированное положение об абсолютном и относительном возрасте почв. По Вильямсу, два участка суши, одновременно освободившиеся от ледникового покрова, т. е. одинакового абсолютного возраста, не всегда однородны в почвенном отношении. В зависимости от характера ледниковых отложений, материнских пород, высоты местности, экспозиции склона — темп процесса почвообразования на данной территории различен; следовательно, почвенный покров будет находиться в разных стадиях развития или иметь различный относительный возраст. Вопрос об абсолютном и относительном возрасте почвы в учении В. Р. Вильямса диалектически увязывается с историчностью протекающих в ней процессов.

В. Р. Вильямс — один из немногих естествоиспытателей-агробиологов и почвоведов, глубоко понявших диалектичность процессов, протекающих в природе. Это дало ему возможность резко подчеркнуть в своих работах значимость процессов развития почв и их историчность, и вместе с тем поднять на большую высоту учение о почве как природном теле, наряду с растительным и животным миром, где вопрос об историчности развития организмов трудами великих ученых был достаточно выяснен.

Развитие почв каждой почвенной зоны в современную геологическую эпоху протекает в условиях единства внешних и внутренних явлений, присущих данной территории. При этом общий цикл почвообразования совершается не по кругу, а по спирали и каждый раз на новой основе. В связи с этим мы и наблюдаем многообразие форм проявления единого процесса почвообразования.

Отмечая глубокую связь и взаимодействие между растением и почвой и говоря о почве как природном теле, В. Р. Вильямс подчеркивает существенное ее свойство — плодородие. И это очень важно: только при наличии этого свойства почва приобретает качественное отличие от других природных тел, а почвоведение начинает занимать в классификации наук присущее ему место и положение. Вне понимания почвы как природного тела, с его существенным свойством — плодородием, почвоведение теряет свое значение как самостоятельная наука и делается придатком геологии, географии или агрологии.

«...историю во времени имеет не только земля, взятая в общем и целом, но и ее теперешняя поверхность и живущие на ней растения и животные...»[1].

Исходя из положений диалектического материализма, В. Р. Вильямс понял, что почву необходимо рассматривать как природное тело, постоянно изменяющееся во времени и пространстве.

Развивая генетическое почвоведение Докучаева, Сибирцева и Костычева, В. Р. Вильямс, не отрицая значения работ по географии почв вообще, прекрасно показал методические ошибки и несостоятельность того географического направления, которое в свое время создало представление о статическом состоянии почв, представление об «извечных» зонах. Этому метафизическому направлению он с исчерпывающей полнотой противопоставил диалектическое понимание развития почвы.

Общие идеи эволюции, разработанные Дарвином в отношении растений и животных, В. Р. Вильямс блестяще развил в своем учении о едином процессе почвообразования и почвенном плодородии, создав тем самым новый этап в развитии генетического почвоведения. Опираясь на эволюционную теорию развития почвы, он разработал теорию создания

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы. Госполитиздат, 1952, стр. 9.

плодородия почв, переделки их природы и перевода их в культурное состояние.

В результате своих исследований в этом направлении В. Р. Вильямс доказал, что восстановление прочного плодородия почвы, а тем самым все повышающиеся и прогрессивно растущие урожаи сельскохозяйственных культур и создание скороспелой целины возможно только путем применения конкретно разработанной, с учетом экономики и местных природных условий, правильной системы земледелия и правильных севооборотов.

В классической литературе имеется ряд указаний, полностью подтверждающих положение В. Р. Вильямса о значении смеси многолетних трав для создания условий плодородия почв и обеспечения высоких урожаев всех сельскохозяйственных культур, в том числе повышения количества и улучшения качества зеленой кормовой массы и полученного из нее сена.

Чарлз Дарвин в «Происхождении видов», опираясь на богатый фактический материал, отмечает, что, если один участок земли засеять одним видом, а другой, сходный, — травами, принадлежащими к нескольким различным родам, то во втором случае получится большее число растений и большее количество сена, чем в первом.

К. А. Тимирязев в книге «Жизнь растения» указывает, что с данной площади можно собрать больше сена в том случае, если растительность будет разнообразная, чем в том, когда она будет однообразна.

Характерной чертой работ В. Р. Вильямса является то, что он разбирает сельскохозяйственное производство со всех точек зрения — и как почвовед, и как агроном, и как образованный агробиолог, одновременно учитывая социально-экономические условия и плановые задания нашего крупного социалистического хозяйства.

«Десятки лет я призывал, — пишет В. Р. Вильямс, — своих сотоварищей по науке к борьбе за диалектический подход к изучению природы. Я считал и продолжаю считать, что только

комплексный подход, всесторонне охватывающий все стороны того сложного биологического производства, каким есть и будет наше технически вооруженное социалистическое сельскохозяйственное производство, может открыть доступ к вершинам производительного труда в сельскохозяйственном производстве»[1].

Эти слова В. Р. Вильямса указывают направление, в котором должна развиваться деятельность теоретиков и практиков нашего земледелия, в том числе и почвоведов-биологов, в их борьбе за высокий и устойчивый урожай социалистических полей.

Глубоко образованный, впитавший в себя все лучшее и передовое в области биологии, понявший основные законы материалистической диалектики, важнейшие положения классиков марксизма, В. Р. Вильямс занял достойное место среди выдающихся ученых нашей Родины. Более того, он стал создателем того передового материалистического направления в почвоведении, которое по праву получило название биологического. Его учение кладется в основу при переделке природы и вполне созвучно всему передовому и прогрессивному как в науке, так и в социалистическом сельскохозяйственном производстве в великую историческую эпоху перехода от социализма к коммунизму. В. Р. Вильямс как ученый всегда, независимо от «конъюнктуры» и «соотношения сил», сохранял принципиальную чистоту материалистических взглядов и смело двигал вперед советскую биологическую науку. Он первый среди ученых по достоинству оценил значение трудов великого преобразователя природы И. В. Мичурина для науки и сельскохозяйственного производства в то время, когда другие ученые видели в нем только блестящего экспериментатора.

В 1937 г. академик В. Р. Вильямс писал: «Мичурин принадлежит к разряду счастливых деятелей. Счастливых потому,

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. XI, стр. 117.

что итоги его работ останутся жить в веках, перерастут многие поколения и будут цвести и плодоносить. Счастливой его жизнь и плодотворными его успехи сделала Великая пролетарская революция, советская власть, Ленин и Сталин... Мы любим и уважаем Мичурина и потому, что он через те мрачные и жестокие для творчества десятилетия пронес свою творческую мощь, сохранил ее силу, чтобы дать ей расцвести в наше счастливое сталинское время — время, когда осуществляются самые смелые мысли, самые сокровенные идеи и самые трудные и глубокие замыслы, если они направлены на счастье всех людей, на счастье человечества, на его хозяйственное, культурное, научное или художественное обогащение»[1].

И далее: Мичурин «...смело прокладывал и свои новые пути, шел по еще не изведанным дорогам. Поэтому мы его считаем дарвинистом, эволюционистом, тимирязевцем, но видим в его работе и много нового, мичуринского. И поэтому его не любили и до сих пор не любят все антидарвинисты, неодарвинисты и прочие скрытые и явные противники настоящей науки. Еще многим очень уважаемым профессорам придется переучиваться дарвинизму настоящему, а не книжному, придется делами, а не словесно доказывать признание Мичурина и результатов его жизнедеятельности»[2].

Критикуя схоластиков от науки, в том же 1937 г. академик Вильямс писал: «Современные физиология растений и агрохимия накопили горы фактов. Но не всегда за этими грудами чисел, кривых и таблиц видно понимание существенного. Стало уже тривиальностью то положение, что в современной науке обобщение отстает от накопления фактов...»[3]. И далее: «...свое неумение диалектически мыслить и рассуждать перекрывают громадой фактических наблюдений и фактов, горами чисел и таблиц...

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. XI, стр. 18.
[2] Там же.
[3] Там же, стр. 22.

И часто неумение поставить вопрос, найти в нем существенное, неумение найти правильный ответ подменяют известным количеством собранных или описанных, но не понятых фактов»[1].

Из приведенных высказываний В. Р. Вильямса видна его партийная принципиальность в оценке разных людей науки, требовательность к себе и другим в разрешении насущных вопросов, выдвигаемых самой жизнью.

С исчерпывающей полнотой В. Р. Вильямс указывает на необходимость согласованности всех элементов сельскохозяйственного производства. Рассматривая значение зеленой кормовой площади, он обращает внимание на относительно малую общую полезность продукции растениеводства, на то, что только 12,5% поглощенной солнечной энергии затрачивается на полезную продукцию растений, а остальные 87,5% падают на «отбросы», непосредственно не идущие в пищу человека. К числу таких отбросов относятся солома, мякина и т. д.

На вопрос о том, как использовать такие «отбросы» и какими путями получить из них полезные питательные вещества, мы находим в работах В. Р. Вильямса ясный ответ.

Достижение максимальной и устойчивой производительности труда в растениеводстве возможно только при условии переработки отбросов в продукты животноводства на базе зеленой кормовой площади, которая одновременно служит и для достижения тех же результатов при получении основных продуктов сельскохозяйственного производства, то-есть повышает производительность почвы, создавая благоприятнейшее для развития растений строение ее, благодаря чему увеличивается и производительность вкладываемого в растениеводство труда.

Сельскохозяйственное производство, по Вильямсу, слагается из трех основных элементов-цехов: растениеводства — культура зеленых высших растений, животноводства — культура

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. XI, стр. 22.

сельскохозяйственных животных, и земледелия — культура низших незеленых растений, или культура почвы. Эти три элемента равнозначимы, безусловно незаменимы и неразрывны.

В области земледелия В. Р. Вильямсу принадлежит также большая заслуга в части теоретического обоснования обработки почвы и создания особого раздела — системы обработки почвы. Созданная им классическая система обработки почвы имеет громадное научное и производственное значение. Культурная вспашка почвы обусловливается прежде всего применением плуга с рухадловым отвалом при обязательном использовании предплужника. Такая вспашка должна проводиться на глубину не менее 20 см.

«*Введение культурной вспашки плугом с предплужником*, — пишет В. Р. Вильямс, — *представляет, без преувеличения, самую важную задачу советской революционной агрономии...*»[1].

Научно обоснованное положение о культурной вспашке плугом с предплужником нашло отражение в ряде правительственных решений по сельскому хозяйству.

В систему обработки почвы, предложенную В. Р. Вильямсом, входят прежде всего два основных раздела:

1. Система основной, или зяблевой, обработки почвы, охватывающая, в свою очередь, обработку стерни (лущение стерни и зяблевая вспашка с предплужником) и обработку дернины (осенняя вспашка травяного пласта плугом с предплужником).

2. Система предпосевной обработки почвы, подразделяющаяся на предпосевную обработку под яровые культуры (ранние и поздние) и обработку пара, или предпосевную обработку под озимые культуры.

Эти системы при правильном уходе за почвой не должны быть оторваны друг от друга.

Учение о почве и научные основы земледелия блестяще изложены В. Р. Вильямсом в его классических трудах «Почво-

---

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. VI, стр. 441.

ведение» и «Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения». Эти труды приобрели мировое значение. Для каждого агрономического работника, а также для многих передовиков сельского хозяйства эти книги служат повседневным пособием[1].

В августе 1930 г. в Москве проходил Второй международный конгресс почвоведов. Одно из заседаний (30 июля 1930 г.) конгресс посвятил докладу академика В. Р. Вильямса на тему «Роль почвоведения в социалистической реконструкции сельскохозяйственного производства» и ознакомлению с богатейшими коллекциями Почвенно-агрономического музея и почвенной лаборатории, созданных многолетними трудами В. Р. Вильямса при кафедре почвоведения Сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева.

* * *

С 1918 г. и до конца своей жизни В.Р. Вильямс был фактически государственным советником по основным вопросам сельского хозяйства. В 1924 г. В. Р. Вильямс вновь берет на себя руководство Сельскохозяйственной академией им. Тимирязева (бывший Московский сельскохозяйственный институт) и в качестве рек-

---

[1] Однако, изучая классические труды В. Р. Вильямса по вопросам обработки почвы, необходимо учитывать прогресс науки и практики и в этой области знаний. Так, например, Т. С. Мальцев в колхозе «Заветы Ленина» Шадринского района Курганской области получает в течение ряда лет высокие и устойчивые урожаи всех культур севооборота при обработке почвы без оборота пласта, с однократной глубокой вспашкой (на 50 — 60 см) в ротацию севооборота плугами без отвалов и с поверхностной обработкой почвы в последующие годы рыхлящими почвообрабатывающими орудиями.

Подробные сведения по данному вопросу содержатся в стенографическом отчете Всесоюзного совещания по изучению и распространению методов работы Т. С. Мальцева, созванного по решению Центрального Комитета КПСС в указанном колхозе «Заветы Ленина» летом 1954 г.

тора в течение нескольких лет обеспечивает все те мероприятия, какие проводились Советским правительством для укрепления этого крупнейшего высшего сельскохозяйственного учебного заведения. Укажем, в частности, на то, что при непосредственном и активном участии В. Р. Вильямса в академии были созданы рабфак и экономический факультет.

В 1928 г. В. Р. Вильямс вступает в ряды Коммунистической партии. С этого времени он активно участвует в социалистическом строительстве великой Родины уже не только как крупный советский ученый, но и как коммунист.

За свою глубоко полезную новаторскую деятельность в области социалистического сельского хозяйства В. Р. Вильямс по праву получил общепризнанное почетное звание главного агронома Советского Союза. Крупнейший ученый и авторитетнейший агроном, он был повседневно связан с сельскохозяйственным производством.

Партия и Советское правительство высоко ценили его заслуги перед социалистическим отечеством. В. Р. Вильямс был отмечен высшими правительственными наградами и почестями. Он награжден тремя орденами, был академиком трех академий, Героем Труда и депутатом Верховного Совета Союза ССР.

В. Р. Вильямс — классик агрономии. Он был страстным борцом за высокие идеи передовой советской науки. Он был академик-большевик, смелый революционер, творец самого передового материалистического учения о почве и правильном ее использовании. В. Р. Вильямс был представителем той подлинной науки, которая не отгораживается от народа, а служит ему, ломает устарелые традиции и нормы.

После победы Великой Октябрьской социалистической революции он один из первых отдал все свои силы и знания бескорыстному служению только что зарождавшемуся социалистическому обществу.

В 1934 г., когда происходило чествование В. Р. Вильямса по поводу 50-летия его научной деятельности, выступил прези-

дент Академии наук СССР академик В. Л. Комаров, характеризуя достижения В. Р. Вильямса в области науки и практики.

Много приветствий в адрес юбиляра, характеризующих творческий путь ученого, было получено как от организаций и учреждений, так и отдельных ученых СССР и зарубежных стран.

Большое счастье и глубокое удовлетворение великому ученому принесло признание его научных достижений и практическое осуществление основных теоретических положений в нашем, самом передовом сельскохозяйственном производстве.

День пятидесятилетия научной и общественной деятельности В. Р. Вильямса был не только праздником ученого, но и праздником всей советской агрономии, всех работников сельского хозяйства. В. Р. Вильямс — учитель не только агрономов; его лекции слушали студенты Тимирязевки и десятки тысяч колхозников и колхозниц. Все свои силы, знания он, как подлинный гражданин СССР, отдавал своей Родине, советскому народу.

В 76 лет Василий Робертович был еще полон сил и в письме к И. В. Сталину писал: «...я как будто не старею. Сознание того, что я состою в рядах великой партии Ленина, работаю под ее руководством и Вашим, дорогой Иосиф Виссарионович, и что имею счастье непосредственно участвовать в строительстве первого, невиданного еще в истории человечества бесклассового социалистического общества,—это сознание молодит меня и воодушевляет в моей повседневной практической и научной работе...» [1].

Интересный ответ одному из поздравителей В. Р. Вильямс дал в день пятидесятилетнего юбилея своей научной и общественной деятельности.

---

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. I, стр. 32.

— Мечтаю только о том,— сказал он,— чтобы дожить до того дня, когда колхозный гектар будет давать 50 центнеров пшеницы.

В то время это пожелание многими агрономами было воспринято как несбыточная мечта академика, но не прошло и трех лет, как эта мечта осуществилась, и, к большому удовлетворению В. Р. Вильямса, лучшими мастерами социалистического сельскохозяйственного производства его пожелание было превзойдено.

Встречаясь с ними — с Ефремовым, Чумановым, Сергеевой и другими, — В. Р. Вильямс от чистого сердца радовался их успехам, радовался тому, что ученики перегнали своего учителя.

В 1939 г. В. Р. Вильямс написал специально для широких колхозных и совхозных масс книгу «Основы земледелия». В предисловии к этой книге он отметил:

«Предлагаемую вниманию читателя книгу я посвящаю знатным и знаменитым мастерам социалистического земледелия, стахановским трудом завоевавшим почетное право участия во Всесоюзной сельскохозяйственной выставке 1939 года.

Я посвящаю им весь научный труд потому, что не было и нет у меня в жизни иной цели, кроме цели служения народу. Я всегда стремился сделать агрономическую науку достоянием широких народных масс, сделать ее действенным помощником создателей земного плодородия.

Победа социализма родила крепкий и всепобеждающий союз труда и науки. Агрономическую науку взяли в свои руки миллионы свободных тружеников деревни. Наука благодаря такому союзу приобрела могучую силу и новое направление развития.

Славные участники ефремовского движения за высокие и устойчивые урожаи зерновых на больших площадях правильно определили суть той задачи, которую должна решать сегодня наша советская агрономия».

Названная книга, излагающая научные основы земледелия, наряду с книгой К. А. Тимирязева «Жизнь растения» заняла достойное место в классической научно-популярной литературе.

Перу Василия Робертовича принадлежит громадное количество работ как в области научных дисциплин, так и по различным разделам сельскохозяйственного производства. Им написано много публицистических статей, даны различные ответственные экспертизы по запросам правительственных и научных учреждений. И всюду — в статьях и экспертизах В. Р. Вильямс со свойственной ему четкостью и принципиальностью стремился доказать необходимость быстрого осуществления основных положений своего учения о плодородии почвы, об установлении условий получения высоких и устойчивых урожаев.

Научные работники разных специальностей консультировались у академика Вильямса.

Просматривая все написанное академиком В. Р. Вильямсом, особенно нужно отметить его горячие призывы к молодежи, приветствия и пожелания поступающим в вуз и кончающим студентам.

27 июня 1938 г. В. Р. Вильямс, приветствуя студентов нового приема, писал:

«С новым приемом студентов в академию вольются новые молодые силы передового народа, чтобы умножить ряды вооруженных передовой наукой борцов за построение коммунизма. Уверен, что новые ряды молодежи лучше подготовлены, еще более воодушевлены стремлением овладеть большевизмом и научными методами познания природы и ее переделки на основе марксистской диалектики для процветания счастливой социалистической родины.

Привет молодежи, вступающей в ряды борцов за идеи Дарвина, Тимирязева, Мичурина!»

Напутствуя оканчивающих студентов, В. Р. Вильямс говорил:

«... перед вами теперь встает новая, еще более сложная

задача —... стать подлинными руководителями и подлинными борцами за дело высокой продуктивности социалистического сельского хозяйства...

Не зазнаваться, а продолжать учиться у передовых людей нашей страны, на опыте передовых социалистических хозяйств, не командовать, а руководить, подтягивая отстающих к передовым, становясь во главе общего стахановского подъема в нашем социалистическом земледелии...»[1].

В. Р. Вильямс, как подлинный ученый и горячий патриот своей Родины, всегда своевременно откликался на происходящие события. Об этом ярко свидетельствуют как его многочисленные докладные записки правительству и Центральному Комитету партии, так и статьи в печати, посвященные подготовке кадров, постановке научных исследований и практическим вопросам сельскохозяйственного производства.

Весьма интересна его статья по вопросу о борьбе с засухой. В. Р. Вильямс считал, что все агротехнические и другие мероприятия по борьбе с засухой необходимо вести по строго обдуманному, научно обоснованному плану.

* * *

Родился В. Р. Вильямс в Москве 9 октября (27 сентября ст. ст.) 1863 г. Умер 11 ноября 1939 г., прожив на территории Тимирязевской сельскохозяйственной академии свыше 50 лет. В. Р. Вильямс похоронен в дендрологическом саду парка академии.

Смерть великого ученого-революционера академика В. Р. Вильямса была тяжелой потерей для науки. Утешением служит, однако, то, что остались многие тысячи его последователей, которые под руководством Коммунистической партии продолжают борьбу за культурное земледелие, за высокий и устойчивый урожай.

---

[1] Публикуется по рукописи. Архив В. Р. Вильямса в Москве. С.-х. академия им. К. А. Тимирязева.

Партия и Советское правительство отметили смерть академика В. Р. Вильямса рядом специальных решений: об издании полного собрания трудов этого классика агрономии и агробиологии; об установлении специальных премий имени В. Р. Вильямса за лучшие научные и научно-производственные труды, развивающие его учение о почве и земледелии; о постановке памятника ученому на территории Сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева,— там, где Тимирязев и Вильямс создавали передовую науку о жизни растения и почвы, где оба они крепили связь науки с жизнью, связь теории с практикой в таком важном и сложном производстве, каким является сельское хозяйство.

В настоящее время Сельхозгизом закончено первое 12-томное издание собрания сочинений В. Р. Вильямса, куда вошли все его основные труды. Изучая эти работы, читатель имеет полную возможность получить ясное представление, как в различных своих работах В. Р. Вильямс последовательно выдвигает и развивает принципиальные, основные теоретические положения разработанной им научной системы земледелия.

Академия наук СССР настоящим томом заканчивает издание трехтомника избранных сочинений академика В. Р. Вильямса. Указанные тома составлены тематически: в первый том включены работы по почвоведению, второй том посвящен вопросам земледелия, третий том—луговодству и кормовой базе.

В работах, вышедших после Великой Октябрьской социалистической революции (примерно с 1921 г.) В.Р. Вильямс критически пересмотрел свои более ранние работы. На основе глубокого изучения трудов классиков марксизма В. Р. Вильямс творчески развил учение В. В. Докучаева, Н. М. Сибирцева и П. А. Костычева. Особенно это сказалось при разработке им вопроса о значении структурных почв, как единственно культурных, в деле создания устойчивого плодородия почв.

В. Р. Вильямс неоднократно указывал, при каких условиях

возможно восстановление разрушенной структуры почвы. В его работах, касающихся учения о травопольной системе земледелия, находят научное обоснование такие вопросы, как культурная вспашка, ее глубина и орудия ее выполнения, система удобрений, совместное применение органических и минеральных удобрений, значение местных почвенно-климатических и организационно-экономических условий.

Следует здесь отметить, что при разборе вопроса о введении правильных севооборотов в колхозах и совхозах, а также теоретически обосновывая размещение культур в полях севооборота, В. Р. Вильямс исходил из перспективной программы развития социалистического сельского хозяйства.

Ближайшие ученики и сотрудники В. Р. Вильямса, а также отдельные агрономы в беседах с ним не раз указывали, что правильная в своей основе теория травопольной системы земледелия содержит отдельные неясные положения, требующие разъяснения, конкретизации, дополнения. Так, В. Р. Вильямс недоучитывал факт получения в ряде районов Союза высоких урожаев озимых по травяному пласту

В таких беседах В. Р. Вильямс всегда ясно подчеркивал, что он никогда не был против применения тех или иных мер в переходный период, в особенности, если они диктуются плановыми заданиями. Рекомендуя те или иные агротехнические мероприятия, он исходил из принципа полного освоения травопольной системы земледелия, проведения до этого целой системы предварительных мероприятий, например, выведения для ряда районов, в том числе и для засушливых, семян многолетних трав, получения высоких урожаев трав путем дифференцированной агротехники и т. п. Но В. Р. Вильямс не отрицал необходимости учета местных природных и экономических условий при проведении отдельных элементов травопольной системы земледелия. С этой целью под его руководством ставились производственные опыты в различных почвенно-климатических зонах нашей страны.

В ответ на все обращения по вопросу использования травяного пласта в севообороте он, в известной степени, обобщил все свои основные взгляды в статье «Севообороты и агротехника», первоначально напечатанной с небольшими сокращениями в газете «Правда» 10 сентября 1937 г. под заголовком «Ответ критикам». В ней сказано, о чем мы указывали в послесловии к избранным сочинениям его в т. II,— что «...не опровергая факта высоких урожаев озимых по траве в ряде районов Союза, тем не менее мы утверждаем, что летняя вспашка дернины, с которой связана подготовка почвы под посев озимых, ведет к недопустимо быстрому разрушению органического вещества, накопленного в почве культурой многолетних трав в течение 2—3 лет их жизни. Один этот шаг уже ограничивает производственный эффект трав только одним годом культуры однолетних растений, в данном случае озимью. Все остальные «прибавки» урожая последующих культур в таком севообороте — лишь слабый отзвук утраченного». И далее: «... *речь идет не об увеличении урожая на один год, а о повышении урожайности, то-есть о придании этому повышению характера устойчивости во всей ротации севооборота*»[1].

Понимая сложность хозяйственной обстановки, В. Р. Вильямс поэтому одновременно ставил перед учеными, в первую очередь перед селекционерами, ряд практических вопросов, решение которых должно было способствовать быстрейшему освоению правильных севооборотов.

В связи с нерешенными вопросами в учении В. Р. Вильямса в газете «Правда» 15 июля 1950 г. была опубликована статья Т. Д. Лысенко «Об агрономическом учении В. Р. Вильямса»[2]. В этой статье в сжатой форме охарактеризована роль В. Р. Вильямса в развитии агробиологической науки и при-

---

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. VII, стр. 246—247.

[2] Отдельные положения названной статьи Т. Д. Лысенко см. в статье «От редакции» во II томе избранных сочинений настоящего трехтомника.

ложение ее в социалистическом сельскохозяйственном производстве и дана развернутая критика отдельных ошибочных положений учения В. Р. Вильямса о травопольной системе земледелия.

К сожалению, некоторые из давнишних оппонентов В.Р. Вильямса неправильно восприняли критику отдельных ошибочных положений в агрономическом учении В.Р. Вильямса, как полный пересмотр всего его учения. В этом вопросе они не поняли главного, что критика указанных ошибочных положений в учении В. Р. Вильямса означает не возврат к прошлому, а призывает к дальнейшему творческому развитию науки, причем не в сторону отрыва почвоведения от сельского хозяйства, а в сторону самой тесной их связи, не в сторону псевдозакона убывающего плодородия почвы и реставрации различных «теорий» выноса и возврата веществ, а в сторону безграничного подъема урожая наших полей на основе открытого В. Р. Вильямсом закона равнозначимости действия факторов на жизнь растения и применения комплекса агротехнических мероприятий, в том числе химизации и механизации сельского хозяйства.

Борьба двух направлений в биологической науке вообще и почвоведении в частности, передового и отсталого, материалистического и метафизического, не затихла и до настоящего времени.

В этой борьбе за перестройку науки в интересах производства встречаются самые разнообразные формы сопротивления, выискиваются различные способы для того, чтобы дать реванш учению В. Р. Вильямса или, по меньшей мере, игнорировать это учение.

В передовой газеты «Правда» от 17 ноября 1952 г. по этому поводу сказано следующее: «... передовое материалистическое направление встречает в самых разнообразных формах сопротивление реакционного, антинаучного направления, ведущего начало от пресловутой «теории убывающего плодородия почвы».

Совершенно бесспорно, что прогрессивное учение о почве, созданное в нашей стране трудами В. В. Докучаева,

Н. М. Сибирцева, П. А. Костычева, В. Р. Вильямса и их многочисленных учеников и последователей, имеющее как самостоятельная наука относительно молодой возраст, не достигающий даже сотни лет, в настоящее время представляет собой сложившуюся научную дисциплину, решающую большие проблемы, какие стоят перед социалистическим сельским хозяйством.

Августовская сессия Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина 1948 года осветила роль и значение учения Вильямса для передовой агробиологической науки, для практики социалистического сельского хозяйства.

В. Р. Вильямс — агроном-энциклопедист и ученый в самом широком смысле слова. Круг его интересов весьма значителен. Вместе с тем, просматривая в хронологическом порядке работы Василия Робертовича, приходится отметить, что по ряду основных вопросов на протяжении своей жизни он не раз возвращался к тем же самым темам, какие затрагивал в первые годы своих исследований. Во многих случаях каждая новая работа В. Р. Вильямса представляет собою прогрессивное развитие ранее высказанных мыслей и положений, разработку их на качественно новой основе, с учетом новых фактов.

В ранние годы почва рассматривалась В. Р. Вильямсом главным образом в статическом состоянии и большей частью как масса, в чем сказывалось влияние науки того времени. В последующих трудах он развивает положение о почве как о динамической системе, об эволюции почв. Наконец, в последних работах В. Р. Вильямс дал блестящую разработку положения о едином процессе почвообразования. Наряду с эволюционным учением о процессе почвообразования, он развивал учение об эволюции плодородия почв, что и привело его к созданию единой науки о развитии почвы и ее плодородии, а затем к установлению теоретических основ получения высоких и устойчивых урожаев.

Вся научно-исследовательская деятельность В. Р. Вильямса очень хорошо подтверждает указание Маркса, что наука есть теоретическая сторона производственных процессов. «Нет прикладной науки,— говорил В. Р. Вильямс,— а есть приложение научных выводов к практике». Разработав теоретические положения о развитии почвы, он эволюцию почв связывает с ее существенным свойством — плодородием, а почву рассматривает не только как природное тело, но и как продукт труда человека. Давая в своих ранних работах по общему земледелию обычное изложение различных мероприятий, он уже тогда стремился подвести под эти мероприятия теоретический фундамент из области почвоведения, а в последних работах о почве дал классическое изложение основ земледелия. В результате такого метода и углубленных исследований на протяжении свыше чем полувековой деятельности, изложение концепций о системе агротехнических мероприятий В. Р. Вильямс завершил учением о травопольной системе земледелия, которая в связи с последними достижениями науки и практики социалистического земледелия правильно подверглась по ряду отдельных положений критическому разбору. Однако учение академика В. Р. Вильямса, освобожденное от устаревших воззрений и при творческом, а не догматическом его применении в колхозном и совхозном производстве, составляет золотой фонд биологической и сельскохозяйственной науки.

Такова была плодотворная жизнь и работа одного из крупнейших ученых нашего времени.

Имя академика В. Р. Вильямса, классика агрономии и агробиологии, наряду с именами других великих ученых, прочно войдет в историю.

Вся плодотворная и многосторонняя деятельность В. Р. Вильямса была великим подвигом служения науке и Родине. Его труды стали достоянием самых широких масс советского народа. Ныне к ним приобщаются трудящиеся стран народной демократии, вступившие на великий путь строительства социализма.

Сентябрьский (1953 г.), февральско-мартовский (1954 г.) и январский (1955 г.) пленумы ЦК КПСС поставили перед советской агрономической наукой и социалистическим сельскохозяйственным производством ряд больших задач, продиктованных вступлением нашей страны в период перехода от социализма к коммунизму, когда максимальное удовлетворение все возрастающих потребностей населения в продуктах питания и предметах народного потребления, на основе дальнейшего развития тяжелой индустрии, ставится как неотложная задача сегодняшнего дня. В этот период классическое учение В. Р. Вильямса, освобожденное в агрономической его части от отдельных ошибочных положений, стало боевым оружием советской агрономии.



## В. Р. ВИЛЬЯМС И ЛУГОВОДСТВО

Научная деятельность В. Р. Вильямса охватывает период более полустолетия—с 1888 по 1939 г. Почти на всем протяжении у В. Р. Вильямса не ослабевал интерес к вопросам луговодства.

При изложении курса луговодства в начальный период своей педагогической деятельности В. Р. Вильямс опирался на труды немецких луговодов и культуртехников (Штеблера, Шретера и др.) и отчасти французских (Буателя, Жоли и др.).

Основную часть этого курса составляло рассмотрение отдельных приемов, таких, как выравнивание поверхности луга, ее обновление, удобрение лугов, воссоздание луговой дернины, уход и др.

Вспоминая эти годы, В. Р. Вильямс писал: «В течение первых годов изложения курса мне приходилось пользоваться шаблонами западноевропейских курсов, равно как довольно обширной отечественной литературой»[1].

В последующие годы В. Р. Вильямс решительно отказался от подражания западноевропейским авторам. Он создал собственное глубоко научное учение о жизни луга и луговой растительности, рассматривая луг как сложное природное явление, подвергающееся непрерывным изменениям.

Растительность и среда существуют в непрерывном взаимодействии. Сущность и направление развития растительного сообщества В. Р. Вильямс блестяще осветил в своем учении

---

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. IV, стр. 27.

о дерновом процессе. В. Р. Вильямс создал теорию научного луговодства и четко определил его место среди других сельскохозяйственных наук. Он указал на важную роль луговой растительности в круговороте элементов пищи растений на земной поверхности, дал глубокий экологический анализ ландшафта и в соответствии с этим, а также в соответствии с экологией луговых трав определил место возделывания их на пониженных элементах рельефа. Луговая растительность играет роль барьера, стоящего на пути движения элементов пищи растений с положительных частей рельефа в низины и поймы.

По учению В. Р. Вильямса природные луга следует улучшать в порядке освоения их под луговые севообороты, так как труд, затраченный на выращивание кормовой массы на поле, будет, по меньшей мере, вдвое менее производителен, чем в том случае, когда кормовая трава выращивается на лугах. В.Р. Вильямс дал теоретическое обоснование луговому севообороту, подчеркивая его преимущество перед созданием постоянных лугов и перед ранее применявшимся коренным улучшением постоянных лугов, называемым «рациональным луговодством».

Особенность луговых многолетних трав в том, что они не только дают корм, но и решают задачу восстановления структуры почвы, создают пласт для выращивания высокоценных культур. Этот пласт в луговом севообороте выше по качеству, чем пласт, создаваемый травами на полях. Здесь, при более длительном воздействии трав, образуется более прочная структура; под влиянием воздействия трав из почвы исчезает вредная микрофауна. Дерновый процесс приводит к обеззараживанию, очищению почвы, погашает, устраняет явления почвоутомления.

В луговом севообороте пласт используется в течение 4—5 лет высокоценными культурами: овощными, техническими, зерновыми, кормовыми.

В рукописи «Опыт проектирования схемы осуществления травопольной системы земледелия на территории Европейской части СССР», представляющей доклад Госплану и отно-

сящейся к началу двадцатых годов, В. Р. Вильямс организацию лугового хозяйства страны представлял в следующем виде.

Все луга он разделял на три категории:

I категория — луга заливные, которые по природным условиям залегания не поддаются распашке и в ней по большей части не нуждаются; II категория — луга заливные, нуждающиеся в распашке, и луга низинные, избыточно увлажненные; III категория — луга суходольные и выгона; наконец, в некоторых районах — природные пастбища, не подлежащие или еще не подлежащие систематической организации,— горные и засоленные, а также песчаные пастбища. Поэтому для большинства районов В. Р. Вильямс предлагал три типичных севооборота — полевой и два луговых: для лугов II и III категорий. При этом В. Р. Вильямс указывал, что на приведенные севообороты нельзя смотреть как на что-либо незыблемое; они являются лишь одним из возможных случаев решения вопроса организации и представляют интерес лишь в смысле попытки определения соотношений разных элементов севооборотов в условиях района.

В своем докладе Госплану В. Р. Вильямс обосновал увеличение посевной площади Европейской части СССР (без Кавказа и Архангельской области) с 122,4 млн. га до 153,7 млн. га, или освоение новых земель в размере 31, 3 млн. га. Луговые севообороты насыщены техническими и товарными зерновыми культурами. Позднее В. Р. Вильямс еще более решительно выступил за распашку природных угодий.

Пересмотр старых основ луговодства В. Р. Вильямсом стал возможным в результате влияния на его мировоззрение Великой Октябрьской социалистической революции. Известно, что решающую роль в научной работе Вильямса сыграло овладение им философией диалектического материализма.

«Если мною что-либо сделано в науке, так только благодаря этой философии, ее методологическим принципам»[1].

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. XI, стр. 12.

Основными причинами переоценки идей «рационального луговодства» были выявление убыточности возделывания трав с целью получения корма, невысокая производительность труда в луговодстве при значительных капиталовложениях; в то же время в кормовом севообороте животноводство получает траву бесплатно, так как трава возделывается с целью повышения урожайности товарных культур и возделывапие травы полностью окупается последними.

Свое законченное выражение учение о кормовом севообороте как необходимом звене травопольной системы земледелия, получает при освещении вопроса о производительности труда.

В. Р. Вильямс писал, что производительность труда в кормовом севообороте базируется на самом дешевом продукте сельского хозяйства. И поэтому ставится вопрос: обратить культуру кормовых злаков и бобовых, используемых как укосные и пастбищные угодья, из цели культуры в агротехническое средство, т. е. сделать их агротехнически необходимой подсобной культурой. На вопрос, как это сделать, В. Р. Вильямс отвечал, что введение в кормовой севооборот таких ценных растений, как прядильные, масличные или овощные, обращает многолетние травы, даже при многолетнем их использовании, из цели культуры в агротехническое средство, и занятие ими в течение 4—5 лет поля совершенно оправдывается высокими устойчивыми урожаями технических и овощных растений.

Отсюда следует вывод В. Р. Вильямса: создание зеленой кормовой базы и вопросы ее культуры целиком входят в область земледелия, а не растениеводства, так как составляют и в техническом и в организационном отношении элементы системы восстановления плодородия почвы.

В отзыве на докладную записку Г. В. Розена об улучшении кормовой базы[1] В. Р. Вильямс показал, как должна быть организована территория МТС; в этом отзыве он представил район обслуживания МТС как покрытый тремя типами насаждений:

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. X, стр. 207.

1) лесами местного значения с полезащитными лесными полосами, обеспечивающими потребность населения в топливе и в подслочном материале, а главное, дающими наиболее ценную товарную продукцию леса;

2) полевыми севооборотами, которые выполняют государственные плановые задания и снабжают животноводство грубыми кормами, подстилочным материалом, концентратами и сеном травяных полей;

3) кормовыми севооборотами, в которых выращиваются овощи, наиболее ценные твердые пшеницы и пластовое просо, наиболее ценные масличные культуры; одновременно они же служат базой наиболее ценных концентратов (жмыха), зеленых и сочных кормов (силос, корнеплоды). По мысли В. Р. Вильямса, «так называемых естественных, или природных, угодий совсем не должно оставаться, так как они служат неиссякаемым источником энтомовредителей: озимой совки, лугового мотылька, свекловичного долгоносика, мраморного хруща, проволочного червя и т. д. Следовательно, разработка плана производства всякого колхоза должна касаться всей его площади землепользования»[1].

В представлениях В. Р. Вильямса, луговой севооборот вполне поглощает старое понятие о луговодстве.

Следует сказать, что такое понимание не отвечает тому содержанию луговодства, которое оно приобрело в последующие годы в решении задач по укреплению кормовой базы в стране. Это содержание значительно шире, и луговой севооборот представляет лишь одно из направлений среди большого круга мероприятий, которые современное луговодство рекомендует производству.

После опубликования работы «Луговодство и кормовая площадь» прошло более 20 лет. В науке о лугах и передовой практике колхозов и совхозов накопились данные, которые да-

[1] В. Р. Вильямс. Собр. соч., т. X, стр. 207.

ют возможность оценить теоретические положения В. Р. Вильямса по культуре лугов, изложенные в этой работе.

Высказывания В. Р. Вильямса об эффективности коренного улучшения сенокосов и пастбищ в луговых севооборотах полностью подтвердились.

В результате освоения малопродуктивных сенокосов и пастбищ в луговых севооборотах колхозы и совхозы получают высокие урожаи как многолетних трав, так и технических, зерновых, однолетних кормовых и овощных культур. Однако высказывания В. Р. Вильямса о малой эффективности поверхностных улучшений природных сенокосов и пастбищ в значительной мере не оправдались. Во многих случаях целесообразно улучшать сенокосы и пастбища путем применения поверхностных мероприятий. Например, имеются луга в поймах рек, долинные с делювиальными наносами, которые могут быть эффективно улучшены поверхностными мероприятиями.

Кроме того, огромные площади пастбищ и сенокосов, расположенные в сухой степи, полупустыне и пустыне, целесообразно улучшать главным образом поверхностными мероприятиями.

В. Р. Вильямс считал неэффективным поверхностные улучшения лугов путем механических обработок дернины с целью повышения урожайности естественного травостоя. Однако в настоящее время ЛМС, МТС, совхозы имеют новую технику: фрезы, дисковые бороны, обработка дернины которыми весьма эффективна.

Например, фрезерование дернины лугов с целью омоложения травостоя дает хорошие результаты. Установлено, что при поверхностном фрезеровании дернины (на глубину 3—5 см) с последующим дискованием происходит отрастание ряда ценных злаковых трав (тимофеевки луговой, полевицы белой, пырея ползучего, костра безостого), а также образование новых побегов из семян, находящихся в обрабатываемой дернине. В то же время такой злак, как щучка, не отрастает и выпадает из травостоя.

Необходимо также указать на эффективность уничтожения кочек на лугах как с целью повышения урожайности луговых трав, так и для приведения поверхности в состояние, пригодное для механизированной сеноуборки. Это мероприятие имеет огромное значение, так как на значительных площадях сенокосов трава не скашивается из-за наличия на них кочек и кустарников.

Для уничтожения кочек применяют фрезу или рельсовую волокушу.

В этой связи следует отметить опыт Кирилловской ЛМС (Новосибирская область). Эта ЛМС в течение 3 лет тракторными волокушами очистила от кочек 1700 га сенокосов, которые в прошлом не использовались по прямому назначению.

В последнее время разработана агротехника подсева трав в дернину луга, причем особенно эффективным оказался подсев семян бобовых трав как с целью увеличения урожайности лугов, так и для повышения содержания белка в травяной массе. Подсев дисковой сеялкой семян бобовых трав в количестве 6—8 кг на гектар значительно повышает урожай трав и особенно его качество.

Высокоэффективным оказался метод ускоренного залужения, при котором высев многолетних трав производят непосредственно по вспашке или фрезерованию дернины луга без возделывания предварительных культур.

Ряд замечаний вызывают введение и пятая глава книги «Луговодство и кормовая площадь».

Как правильно было отмечено В. Р. Вильямсом, во время написания этой главы техника посева травосмесей еще не была разработана, и сельскохозяйственное производство не имело сеялок для их посева. В настоящее время научно-исследовательскими учреждениями СССР разработана и рекомендуется различная техника посева травосмесей в зависимости от почвенно-климатических условий и степени окультуренности почвы. В нечерноземной полосе при первоначальном залужении по первичной обработке сохранился разбросной посев траво-

смеси; на окультуренных почвах рекомендуется разбросно-рядовой (крупные семена трав в рядки, мелкие — в междурядья через семяпроводы, вынутые из сошников); на быстро пересыхающих почвах — раздельно-рядковый посев (узкорядный). В лесостепной и степной зонах рекомендуют межрядковый посев (рядовой посев трав в междурядья покровной культуры) для районов неустойчивого увлажнения; комбинированный посев (ленточный посев зерновых покровных с одновременным посевом злака в узкие междурядья, а бобового в широкие) для районов Поволжья; полупокровный посев (при вдвое увеличенных междурядьях покровной культуры против нормальных) для засушливых юго-восточных районов. Разработаны также приемы летнего и осеннего беспокровного и подпокровного посева травосмесей, в то время как В. Р. Вильямсом предлагался только весенний подпокровный посев их. Колхозы и совхозы вооружены теперь для посева луговых травосмесей специальными двух- и трехъящичными тракторными сеялками высокой производительности.

*Смелов С. П., Куров И. И.,*
*Высоцкий А. А., Минина И. П.*



# ОТ РЕДАКЦИИ

Этим томом заканчивается издание избранных сочинений выдающегося советского натуралиста и агронома Василия Робертовича Вильямса. Труды В. Р. Вильямса в области почвоведения, агрономии, луговедения и луговодства оказали исключительно большое влияние на развитие этих областей знания и сопредельных с ними наук. Во многих случаях они привели к коренному пересмотру ранее установленных представлений, тем самым способствуя более правильному пониманию законов природы, а следовательно и управлению почвенным плодородием.

В первом томе настоящего издания помещены труды В. Р. Вильямса в области почвоведения. Развивая положения о роли растительности в образовании почв, высказанные М. В. Ломоносовым, В. В. Докучаевым, П. А. Костычевым, и опираясь на биогеохимические идеи своего современника В. И. Вернадского, В. Р. Вильямс создал учение об едином почвообразовательном процессе.

До работ В. Р. Вильямса было широко распространено одностороннее представление о почвообразовании как элювиальном процессе, обусловливающем преимущественное развитие почв по пути прогрессирующего обеднения элементами питания. В противоположность этому, В. Р. Вильямс выдвинул положение, утверждающее, что формирование почв осуществляется под влиянием малого биологического круговорота элементов, развивающегося на траектории большого геологического круго-

ворота. Им было показано, что элювиальному процессу противостоит деятельность растительности, направленная на концентрацию в верхних слоях почвы биологически важных элементов, и влияние ее на агрономически ценные свойства почвы. Под воздействием растительности бесплодные горные породы превращаются в почвы, обладающие плодородием.

На этой теоретической основе В. Р. Вильямс дал широкую картину развития почв от первичных стадий почвообразования при появлении жизни на земле и до развития современного почвенного покрова на фоне изменения биоклиматических условий и рельефа по мере освобождения Европейской части СССР от четвертичных оледенений. Им было не только выдвинуто положение о многообразии форм проявления единого почвообразовательного процесса, т. е. полигенезе, но и показаны особенности почвообразования на различных материнских горных породах.

Выделение В. Р. Вильямсом из многих противоречивых процессов, протекающих в почве, соотношения между малым биологическим и большим геологическим круговоротами и указание на ведущую роль растительности в этом противоречивом соотношении представляет его крупнейшую научную заслугу. Это открыло широкие перспективы познания и овладения процессами, создающими плодородие почв.

Сочетая теорию с практикой, В. Р. Вильямс на основе учения об едином почвообразовательном процессе разработал комплекс агротехнических мероприятий по созданию высокого и устойчивого плодородия почв, названный им травопольной системой земледелия. Избранные труды В. Р. Вильямса, посвященные травопольной системе земледелия, помещены во втором томе настоящего издания.

В последнем, третьем, томе собраны работы В. Р. Вильямса в области луговедения и луговодства. В этих трудах В. Р. Вильямс дает схему строения речных пойм, описание развития почвообразовательного процесса и смены растительности в речных поймах дерново-подзолистой зоны. На этой основе он в дальней-

шем строит систему мероприятий по использованию пойменных земель. Учение В. Р. Вильямса о пойме лежит в основе всех последующих геоморфологических, почвенных и геоботанических исследований пойменных земель.

Со времени создания и первой публикации трудов В. Р. Вильямса, помещенных в настоящем издании его избранных сочинений, прошло много лет. За эти годы в различных областях естествознания было накоплено много новых фактов и крупных теоретических обобщений, расширяющих наши сведения в области науки о природе. Основные принципиальные положения учения В. Р. Вильямса получили подтверждение и широкое признание.

Необходимо, однако, учитывать, что в трудах В. Р. Вильямса, как и других классиков науки, имеются отдельные устаревшие положения, не получившие подтверждения в ходе дальнейших исследований. В одних случаях это было обусловлено недостатком в то время экспериментальных данных для суждения о масштабе описываемых явлений, в других — использованием опубликованных в литературе теорий и фактов, которые в то время не вызывали сомнений, а в дальнейшем не подтвердились. Примерами могут служить теория прецессий, представления Берцеллиуса о способности креновой кислоты растворять тяжелые металлы и т. д.

Ряд исправлений В. Р. Вильямс сам внес в свои труды. Дальнейшая проверка в производстве показала, что не все его практические рекомендации в области сельского хозяйства могут быть в настоящее время приняты. На это указано в послесловии «От редакции», помещенном во втором томе настоящего издания. В частности, надлежит еще раз отметить недооценку В. Р. Вильямсом роли дренажа в борьбе с засолением почв.

Было признано целесообразным дать в каждом томе примечания с указанием на некоторые основные положения, которые не получили подтверждения в ходе дальнейшего развития трудов В. Р. Вильямса. В этом томе помещена статья «В. Р. Вильямс и луговодство», написанная коллективом сотрудников

Института кормов Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина.

Обращая внимание читателя на необходимость критического подхода при изучении трудов В. Р. Вильямса, с учетом последних достижений науки и практики, одновременно надо отметить, что еще недостаточно сделано и делается для творческого развития учения В. Р. Вильямса. Экспериментальные исследования и обобщения в области изучения биологического круговорота элементов, проведенные в СССР за последние годы, с большой убедительностью показывают, какие богатые возможности заключены в научном наследстве В. Р. Вильямса.



## ПРИМЕЧАНИЯ РЕДАКЦИИ

[1] «Естественнонаучные основы луговодства, или луговедение» печатается по изданию 1922 г. (Москва, издательство Наркомзема «Новая деревня»).

[2] В исходном издании — «материальными и энергетическими агентами земной поверхности». В дальнейших своих работах В. Р., не противопоставляя понятий энергии и материи, называл агенты (факторы) жизни растений соответственно «земными» и «космическими». Здесь и далее соответствующая терминология дается по книге В. Р. Вильямса «Луговодство и кормовая площадь», изд. 1933 г. (см. настоящий том, стр. 481).

[3] В исходном издании агенты выветривания В. Р. Вильямс подразделяя на «энергетические» и «материальные». Позднее он заменил эти термины на «термические» и «химические»; здесь и далее принята эта, последняя терминология.

[4] В исходном издании — «материальных».

[5] Конец этой главы и приводимые в ее заключении слова Либиха показывают, что В. Р. Вильямс не жалел красок для того, чтобы подчеркнуть тяжелые последствия беспрерывной культуры однолетних хлебных растений. Но в то время как Либих и его школа, исходя из пресловутого «закона» убывающего плодородия почвы, концентрировали свое внимание исключительно на необходимости возвращать почве выносимые из нее вместе с урожаями питательные вещества, В. Р. Вильямс указал принципиально иной путь к созданию условий прогрессивного повышения плодородия почвы, создав в России новое, агробиологическое направление в почвоведении. Рассматривая почву не только как природное тело, но и как продукт человеческого труда, Вильямс разработал травопольную систему земледелия, которая при критическом ее применении дает научное обоснование плановому размещению деревянистой и травянистой (многолетней и однолетней) растительности и, в сочетании с другими элементами системы, обеспечивает в условиях социалистического сельскохозяйственного производства возможность получения не только устойчивых, но и систематически повышающихся урожаев.

[6] В исходном издании напечатано «Выветривание энергетическое. Материальное выветривание...». Здесь и ниже термины «термическое» (или «физическое») и «химическое» выветривание даются по книге В. Р. Вильямса «Почвоведение». Конспект курса, изд. 1935 г.

[7] Приведенные здесь числа не дают четкой классификации природных лугов по признаку урожайности. В последующих работах В. Р. подобная классификация не повторяется.

[8] Книга В. Р. Вильямса «Луговодство и кормовая площадь» вышла в четырех изданиях Сельхозгиза (1930, 1931, 1933 и 1941 гг ). Тексты двух первых изданий аналогичны. Третье издание было существенно переработано автором. Четвертое (посмертное) издание перепечатано с третьего с небольшими сокращениями. Здесь текст воспроизводится по третьему изданию книги.

[9] Ссылку В. Р. Вильямса на мифического «пророка» Моисея следует понимать как условную.

[10] В случае применения повышенных норм органического удобрения В. Р. Вильямс допускал более быстрое углубление пахотного слоя.

[11] За последние годы положение с семеноводством луговых трав у нас в корне изменилось. По решению правительства организована сеть семеноводческих колхозов и совхозов, где семена луговых трав получают в условиях их луговой культуры.

[12] В исходном издании 11,5. Исправлено согласно расчету по формуле, приведенной на предыдущей странице.

[13] В исходном издании 2,0. Исправлено по тому же расчету.

[14] В исходном издании 44,5.

[15] В исходном издании 53,0.

[16] В исходном издании все расчеты по данной смеси трав приведены без прибавки на загущение, тогда как в тексте перед таблицами, относящимися ко 2-й, 3-й и 4-й смесям трав, В. Р. Вильямс говорит о прибавке на загущение в размере 50—75%. В данном издании таблица исправлена: в графе второй приводится вес семян с прибавкой 75% расчетного веса семян на гектар. В соответствии с этим внесены исправления в графы четвертую и шестую данной таблицы.

[17] Избранные главы из курса «Почвоведение» печатаются по тексту двухтомника избранных сочинений В. Р. Вильямса, Сельхозгиз, 1949 г.



# БИБЛИОГРАФИЯ ОСНОВНЫХ НАУЧНЫХ ТРУДОВ АКАДЕМИКА В. Р. ВИЛЬЯМСА

## Научные работы

### 1888

1. Исследование восьми почв Мамадышевского уезда Казанской губернии. «Известия Петровской землед. и лесной акад.», 1888, вып. 3 (отдел неофиц.), стр. 241—244.

Опубл. также: 1941, 1948 (Собр. соч., I), 1951. То же. Отд. оттиск (М., 1888), 4 стр.

### 1889

2 Описание способа механического анализа почв, принятого в земледельческих лабораториях Петровской академии (сообщение из специальной лаборатории при Земледельческом кабинете Петровской академии).— «Известия Петровской землед. и лесной акад.», 1889, вып. 2 (отдел неофиц.), стр. 139—157

Опубл. также: 1941, 1948 (Собр. соч., I), 1951. То же. Отд оттиск (М., 1889), 18 стр

### 1893

3. Опыт исследования в области механического анализа почв (сообщение из лаборатории Земледельческого кабинета Петровской академии и из физико-агрономической лаборатории Высшей технической школы в Мюнхене).— «Известия Петровской с.-х. акад.», 1893, вып. 2—3 (отдел неофиц.), стр. 1—121.

Магистерская диссертация В. Р. Вильямса

Опубл. также: 1895, 1941, 1948 (Собр. соч., I), 1950, 1951.

То же. Отд. оттиск (М., 1893), 121 стр.

4. Опыт введения к изучению общего земледелия (лекции, читанные в 1892 г. в Петровской академии).— М. (литогр. Александровской, 1893), 87 стр.

Издано литографским способом. Вступительная часть «лекций» с незначительными изменениями вошла затем (1897) в кн.: «Лекции по почвоведению», гл. I («Факторы жизни растений»). Остальные главы вошли в кн. «Общее земледелие», часть I (1919).

5. Значение сравнительного изучения физических свойств почвы.— В кн.: «Сборник систематических чтений по сельскому хозяйству». М., 1893, стр. 29—39.

Опубл. также: 1941, 1948 (Собр. соч., 1), 1950, 1951. То же. Отд. оттиск. М., 1893, 11 стр.

6. Общие научные обоснования техники луговодства.— В кн.: «Сборник систематических чтений по сельскому хозяйству». М., 1893, стр. 206—223.

1894

7. Вступительная речь перед защитой диссертации. Произнесена 31 января 1894 г.

Опубл.: 1941, 1948 (Собр. соч., I), 1950, 1951.

8. Предварительный отчет рекогносцировочной экспедиции 1894 г. о работах по агрономической части агронома экспедиции В. Р. Вильямса. (Экспедиция по исследованию источников главнейших рек Европейской России). СПб., типогр. А. Якобсона, 1894, 4 стр.

9. Untersuchungen über die mechanische Bodenanalyse (1893).— Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik, Heidelberg, 1895, Band. 18, Heft 3—4, SS. 225—350.

Опыт исследования в области механического анализа почв. То же. Отд. оттиск. Heidelberg 1895, 126 SS.

1896

10. Отношение кормовых растений к почве. Публичная лекция, прочитанная 23 февраля 1896 г.

Опубл.: 1953 (Собр. соч., XI).

1897

11. Лекции по почвоведению, читанные в Московском сельскохозяйственном институте

в 1895/96 г. ад.-проф. В. Р. Вильямсом. (Издание для студентов). М., типогр. Об-ва распространения полезных книг, 1897, 259 стр., 1 л. черт.

Введение к «лекциям», опубл. также в томе I Собр. соч. (1948). Остальной текст близок тексту курсов «Почвоведение» (1901).

12. Общее земледелие. Лекции проф. Вильямса.— Петровско-Разумовское, типолитсгр. В. Р. Келлера, 1897, 284 стр.

Издано литографским способом.

### 1898

13. Луговодство, читанное в 1898г.— М., типолитогр. В. Рихтера, 1898. 148 стр. с рис. Б-фия: стр. 147—148 (18 назв.).

Издано литографским способом.

Опубл. также: 1901, 1949 (Собр. соч., IV, по тексту переиздания 1901 г.).

### 1899

14. Материалы к разрешению вопроса об организации полей орошения г. Москвы.— М., 1899. III, 80 стр., 6 л. карт. Приложение: Оросительный календарь, 19 стр.

Опубл. также: 1941, 1948 (Собр. соч., II).

### 1900

15. Рецензия на диссертацию П. Р. Слезкина «Этюды о гумусе». Датирована 1900.

Опубл.: 1940, 1941, 1948 (Собр. соч., I).

### 1901

16. Курс общего земледелия. (Общая культура). Лекции, читанные в 1900/1901 акад. году. в моск. с.-х. ин-те В. Р. Вяльямсом. Записал Д. И. Гильтебрандт.— М., типогр. Г. Лисснера и А. Гешеля, 1901. 190 стр. (стр. 181—190 «добавления») с рис., 15 л. рис. (Издание для студентов). Б-фия: 17 назв.

Опубл. также: 1949 (Собр. соч., III).

17. Луговодство (1898). Курс, читанный В. Р. Вильямсом студентам Московского с.-х. ин-та. Сост. по его лекциям студентами Н. П. Ерлыковым и Н. З. Маркеловым.— М., типолитогр. В. Рихтера,

1901. 80 стр., 1 л. рис. (Издание для студентов). Б-фия: стр. 79—80 (25 назв.).

Опубл. также: 1949 (Собр. соч., IV).

18. Общие основания обезвреживания нечистот.— В кн.: «Канализация г. Москвы», М., 1901, стр. 12—27.

Опубл. также: 1941, 1948 (Собр. соч., II).

## 1902

19. Почвоведение. Курс лекций, читанных в Моск. с.-х. ин-те в 1900/1901 г. (1897).— Изд. студ. А. Костяковым и М. Никольским. М., типолитогр. В. Рихтера, 1902 (на тит. л. 1900). 216 стр., 1 л. илл. (Издание для студентов).

Частично переработанное автором издание книги «Лекции по почвоведению» (1897).

Опубл. также: 1941, 1948 (Собр. соч., I).

20. Значение органических веществ почвы.— В кн.: «Речь и отчет, читанные в годичном собрании Московского сельскохозяйственного института 26 сентября 1902 г.» М., 1902, стр. 5—13.

Опубл. также: 1941, 1948 (Собр. соч., I), 1950, 1951.

## 1903

21. Канализационному отделу Московской городской управы. Докладная записка. Ч. 1. (М., Городская типогр., 1903). 50 стр., 7 л. черт., 6 л. план. На правах рукописи.

Опубл. также: 1941, 1948 (Собр. соч., II).

## 1904

22. Полная сводная программа опытов на Московских городских полях орошения над обезвреживанием сточной жидкости на различных почвах и при различном расстоянии между дренами. Датировано 1904.

Опубл.: 1941, 1948 (Собр. соч., II).

23. Производство химического контроля с различной шириной заложения дренажа на полях орошения.

Ответ на запрос канализационного отдела Московской городской управы. Датировано 1904.

Опубл.: 1941, 1948 (Собр. соч., II).

## 1909

24. Поля орошения г. Москвы с сельскохозяйственной точки зрения.— В кн.: «Ежегодник Главного управления землеустройства и земледелия по Департаменту земледелия и Лесному департаменту. 1908». СПб., 1909, стр. 710—726, 1 л. карт.

Опубл. также: 1941, 1948 (Собр. соч., II). То же. Отд. оттиск. 16 стр., 1 л. карт.

## 1910

25. Курс общего земледелия. По лекциям, читанным проф. В. Р. Вильямсом в 1909 году в Московском сельскохозяйственном институте. Сост. И. К. Андриевский.— М., изд. Студенческого агрономического кружка по изучению Смоленской губернии, 1910. 203 стр., с рис.

Отдельные главы «Курса» опубл. также: 1940 (Собр. соч., I). Остальной текст близок изданию 1901 г.

26. Современное состояние учения об обработке почвы.— В кн.: «Сборник лекций, читанных на курсах для агрономов в 1910 г.» М., 1910, стр. 345—399.

6-й раздел опубл. также: 1949 (Собр. соч., III). Остальной текст лекций повторяется в «Курсе общего земледелия» (1910).

## 1913

27. Почвы Люблинских полей орошения.— В кн.: «Описание канализации города Москвы района 1-й очереди». Том 2. М., 1913, стр. 130—216.

Опубл. также: 1941, 1948 (Собр. соч., II), 1950. То же. Отд. оттиск. М., 1913, 96 стр.

## 1914

28 Почвоведение. Вып. I (гл. 1—3). Общие данные о происхождении материнских пород и общие элементы почвообразовательного процесса.— М., Кн-во студентов Моск. с.-х. ин-та, 1914. 104 стр. с илл. 4 л. илл.

Опубл. также: 1920, 1926, 1949, 1950 (Собр. соч., V).

## 1915

29. Типы болот с точки зрения почвообразовательного процесса.— В кн.: «Материалы по организации и культуре кормовой площади» (вып. 13), Пгр., 1915, стр. 69—89.

Реферат доклада на районном совещании специалистов и инструкторов по культуре кормовых растений 14—17 ноября 1913 г. в Москве.

30. План организации курсов Департамента земледелия при Московском сельскохозяйственном институте для подготовки специалистов по луговодству и культуре кормовых растений показательного хозяйства при них и объяснительная к нему записка. М., типолитогр. В. Ф. Рихтера, 1915, 62 стр.

Опубл. также: 1951 (Собр. соч., IX).

**1916**

31. Почвоведение. Вып. II. (гл. 4—7). Элементы основных типов почвообразовательного процесса: подзолообразовательного, дернового и степного.— М., Кн-во студентов Моск. с.-х. ин-та, 1916. 125 стр. (стр. 105—230).

Опубл. также: 1920, 1926, 1949, 1950 (Собр. соч., V).

**1919**

32. Почвоведение. Вып. III. (гл. 8—17). Ледниковые наносы Европейской России и почвенный возраст страны. Тундровая почвенная зона. Почвенный покров лесолуговой зоны.—М., Кн-во студентов Петровской с.-х. академии, 1919. 6, 351 стр. (стр. 231—582), с илл., 1 л. табл.

Опубл. также: 1926, 1949, 1950 (Собр. соч., V). (По тексту дополненного и частично переработанного издания 1926 г.).

33. Общее земледелие. Ч. 1. Учение об обработке почвы и о системах восстановления плодородия почвы.— М., Кн-во студентов Петровской с.-х. академии, 1919 (обл. 1920).

Опубл. также: 1949 (Собр. соч., III).

**1920**

34. Почвоведение. Ч. 1. Происхождение материнских пород и элементы основных типов проявления почвообразовательного процесса. (1914, вып. 1). 2-е изд. М., Гозиздат, 1920, 98 стр., 4 л. илл. (Гл. комитет проф.-тех. образования. Издано при непосредственном и ближайшем участии Ассоциации рев. студентов Петровской с.-х. академии).

35. Почвоведение. Ч. 2. Происхождение материнских пород и элементы основных типов проявления почвообразовательного процесса (1916, вып. 2). 2-е изд. М., Гозиздат, 1920 (обл. 1921). 119 стр. (Гл. комитет проф.-тех. образования. Издано при непосредственном и ближайшем участии Ассоциации рев. студентов Петровской с.-х. академии).

## 1922

36. Общее земледелие. Ч. 2. Естественно-научные основы луговодства или луговедения. (Приложение основ почвоведения к культуре многолетних травянистых растений и естественной кормовой площади). М., «Новая деревня», 1922, 298 стр., с рис.

Опубл. также: 1949 (Собр. соч., IV).

37. Научные основы улучшения почв.— В кн.: «О земле». Вып. 2. Сборник статей о коренных улучшениях земель. М., 1922, стр. 106—121.

Опубл. также: 1951 (Собр. соч., VIII).

38. О переходе от господствующей паровой системы земледелия к травопольной.— Труды Госплана, кн. 1, 1922, стр. 7—11.

Доклад в секции Гос. общеплановой комиссии.

Опубл. также: 1950, 1951 (Собр. соч., VII).

## 1924

39. Почвоведение. Вып. III (гл. 18) Материнские породы черноземной зоны.— М., «Новый агроном», 1924, 22 стр., портр.

Опубл. также: 1949, 1950 (Соб. соч., V).

## 1925

40. О роли травопольной системы земледелия в народном хозяйстве.— Успехи агрономии, 1926, кн. 1, стр. 39—45. Опубл. также: 1951 (Собр. соч., VII).

41. К постановке вопроса о борьбе с засухой.— Пути сельского хозяйства, 1925, № 1—2, стр. 27—36.

Опубл. также: 1929, 1947, 1950, 1951.

## 1926

42. Почвоведение. Ч. 1. Происхождение материнских пород и элементы основных типов проявления почвообразовательного процесса (1914—1916).— 3-е издание. М.— Л., Гиз, 1926. VIII, 323 стр., с рис., 1 л. портр., 1 л. факс., 1 л. граф. (Избранные сочинения, т. 1).

Измененная редакция 1 и 2 выпусков издания 1914—1916 гг. и 1 и 2 частей издания 1920 г.

Опубл. также: 1949, 1950 (Собр. соч. V).

43. Почвоведение Ч. 2. Ледниковые наносы севера СССР Тундровая зона. Почвенный покров лесо-луговой зоны (1919, вып. 3).—2-е изд., М.— Л., Гиз, 1926, 448 стр., с рис. (Избранные сочинения, т. 2).

Опубл. также: 1949, 1950 (Собр. соч., V).

44. Почвоведение и агрономия. В чем сущность производственного подхода в изучении почвы. (Мысли, навеянные V Всесоюзным съездом почвоведов в Москве).— Пути сельского хозяйства, 1926, №1, стр. 69—75.

Опубл. также: 1929, 1951 (Собр. соч., VIII).

## 1927

45. Общее земледелие с основами почвоведения. Допущено научно-технической секцией Государственного ученого совета. М., «Новый агроном», 1927, XII, 494 стр., с рис., 2 вкл. л. граф.

Опубл. также: 1931, 1932 и под заглавием «Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения»: 1936, 1938, 1939, 1940, 1941, 1946, 1947, 1948, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VI).

46. Агрономия.— В кн.: «Техническая энциклопедия». Том 1 М., 1927, стр. 288—293. Б-фия: 5 назв.

Опубл. также: 1929, 1950, 1952 (Соб. соч., X).

## 1928

47. Пути повышения урожайности и реконструкции сельского хозяйства.— Пути сельского хозяйства, 1928, № 7, стр. 46—71.

«Основные положения настоящей статьи автором были изложены в докладе на совещании при НКЗ СССР 16 июля 1928 г.» (Примеч. редакции ж-ла «Пути сельского хозяйства»).

Опубл. также. 1929, 1938, 1947, 1950.

48. Речь... на совещании по урожайности при НКЗ РСФСР 16 июля.— Стенограмма «Пути сельского хозяйства», 1928, № 8, стр. 113—133.

То же. Отд. оттиск. М., 1928. 27 стр.

## 1929

49. Вопросы повышения урожайности и реконструкции сельского хозяйства. (Сборник статей). М., «Новый агроном», 1929, 136 стр.

Содержание: Агрономия (1927), стр. 3—12

Введение к изучению общего земледелия (1927)[1], стр. 13—30.

Почвоведение и агрономия (1926), стр. 31—40.

Пути повышения урожайности и реконструкции сельского хозяйства (1928), стр. 41—75.

К вопросу о поднятии урожайности (1928), стр. 76—92.

Роль техники в поднятии урожайности (1929), стр. 97—99.

Перспективы культуртехники в Азербайджанской Советской Социалистической Республике (1926), стр. 100—104.

К постановке вопроса о борьбе с засухой (1925), стр. 105—118.

Заключение по вопросу о переустройстве Муганской оросительной системы (1926), стр. 119—124.

Отзыв по программе работ сельскохозяйственной опытной станции Калм. области (1925), стр. 125—133.

50. Пути повышения урожайности и реконструкции сельского хозяйства (1928).— М., «Новый агроном», 1929. 60 стр.

50а. Принцип реконструктивных мероприятий сельского хозяйства.— М., изд. ЦБ. секций специалистов Союза сельскохозяйственных рабочих, 1929. 31 стр.

51. Земледелия системы.— В кн.: «Техническая энциклопедия». Том 8. М., 1929, стр. 376—387. Б-фия: 6 назв.

## 1930

52. Луговодство и кормовая площадь.— М.—Л., Сельхозгиз, 1930, 143 стр., с рис. (Сельскохозяйственный политехникум на дому).— Б-фия: 11 назв. Опубл. также: 1931, 1932, 1933, 1941, 1948, 1949 (Собр. соч., IV), 1950, 1951.

53. Основы общего земледелия. Стенографическая запись лекций, читанных на годичных курсах директоров зерносовхозов Зернотреста созыва 1930 г.— М., «Новый агроном», 1930, 146 стр.

54. Отчет по маршрутному почвенному обследованию Биробиджанского района.— В кн.: Отчет экспедиции Комзета 1927 года по обследованию Биробиджанского района Дальневосточного края (Биробиджана). Вып. II. М., 1930. стр. 7—106

Опубл. также: 1950, 1951 (Собр. соч., VIII).

---

[1] Измененная редакция «Введения» к кн.: «Общее земледелие с основами почвоведения».

55. За травопольную систему земледелия. (Доклад и заключительное слово).— В кн.: «За травопольную систему земледелия». Дискуссия в президиуме Госплана СССР. М., 1930, стр. 10—47, 90—92.

56. Роль почвоведения в социалистической реконструкции сельскохозяйственного производства.— «Соц. реконструкция сельского хозяйства», 1930, № 8, стр. 84—99. Речь на пленарном заседании Второго международного конгресса почвоведов 30 июля 1930 г.

Опубл. также: 1931, 1949, 1951 (Собр. соч., VIII).

## 1931

57. Общее земледелие с основами почвоведения (1927).— 2-е доп. и испр. изд. М., «Новый агроном», 1931, XI, 376 стр., с рис.

58. Проблема урожайности (1929).—2-е изд., Минск, Гос. изд. БССР, 1931, 35 стр., с рис. На белорусск. яз.

59. Луговодство и кормовая площадь (1930).— 2-е изд. М.— Л., Сельхозгиз, 1931, 155 стр., с рис.

60. Роль почвоведения в социалистической реконструкции сельскохозяйственного производства (1930).—М., «Новый агроном», 1931, 30 стр. (Ин-т агропочвоведения ВАСХНИЛа).

## 1932

61. Почва. Плодородие почвы.— В кн.: «Техническая энциклопедия». Том 17. М., 1932, стр. 494—506.

62. Роль севооборота в борьбе с засухой.— «За химизацию соц. земледелия», 1932.

Опубл. также: 1950, 1953 (Собр. соч., XI).

То же. В кн.: «Борьба с засухой». Всесоюзн. конференция по борьбе с засухой. М.— Л., 1932, стр. 90—98.

## 1933

63. Луговодство и кормовая площадь (1930).— 3-е изд. М., Сельхозгиз, 1933, 143 стр., с рис.

64. Залежная система земледелия.— В кн.: «С.-х. энциклопедия». Том. 2. М., 1933, стр. 447—448.

65. Учение о севообороте.— Незаконченная работа. Датирована 1933.

Опубл.: 1953 (Собр. соч., XI).

## 1934

66. Ленин о плодородии почвы.— В кн.: «Памяти В. И. Ленина», 1924—1934. М.— Л., 1934, стр. 865—877.

Опубл. также: 1936, 1939, 1948, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VII).

## 1935

67. Почвоведение. Конспект курса. (Учеб. пособие для с.-х. вузов).—М., Сельхозгиз, 1935, 126 стр.

Опубл. также: 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., IX).

68. Травопольная система земледелия на орошаемых землях.— М., Сельхозгиз, 1935, 63 стр.

Ответ на запрос с.-х. сектора ОГТО о консультации по ряду вопросов орошения засушливого Юго-Востока.

Опубл. также: 1948, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VIII).

69. Запросы социалистического сельскохозяйственного производства и почвоведение. «Плановое хозяйство», 1935, № 1, стр. 129—139.

Опубл. также: 1951 (Собр. соч., VIII).

70. Прочность и связность структуры почвы.— «Почвоведение», 1935, № 5—6, стр. 746—762. Опубл. также: 1938, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VII).

То же. Отд. оттиск, М., 1935, 9 стр. Текст на русск. и англ. яз.

71. Роль структуры почвы в социалистическом земледелии.— «Вестник АН СССР», 1935, № 7—8, стр. 21—38.

Сокращенная стенограмма доклада на майской сессии Академии наук СССР 27 мая 1935 г.

## 1936

72. Почвоведение. Общее земледелие с основами почвоведения.— Учебное пособие для с.-х. вузов (1927).—3-е, пересм. и доп. изд. М., Сельхозгиз, 1936, 648 стр., с рис.

73. Ближайшие перспективы почвоведения в планомерной борьбе за урожайность социалистических полей СССР.

Датировано 1936. Опубл.: 1950.

74. Значение трудов В. В. Докучаева в развитии почвоведения.—В кн.: Докучаев В. В. «Русский чернозем» М.— Л., 1936, стр. 5—14.

Опубл. также: 1948, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VIII).

75. В. В. Докучаев в борьбе с засухой.— В кн.: «В. В. Докучаев. Наши степи прежде и теперь». М.—Л , 1936, стр. 5—18.

Совм. с З. С. Филипповичем.

Опубл. также: 1949. 1951 (Собр. соч., VIII).

76. Роль структуры почвы в социалистическом земледелии (1935).— В кн.: «Почвоведение и агрохимия». Труды майской сессии (Акад. Наук СССР). М.— Л., 1936, стр. 142—160.

77. Дело не в обстановке, а в постановке исследовательской работы. (Ученые СССР о стахановском движении и задачах науки).— «Фронт науки и техники», 1936, № 1, стр. 81—82

Опубл. также: 1953 (Собр. соч., XI).

78. Методы борьбы с засолением земель.— «Бюллетень ВАСХНИЛ», 1936, № 5, стр. 6—8.

Сокращен. стенограмма речи на совещании участников пленума секции гидротехники и мелиорации ВАСХНИЛ 28 января 1936 г.

Опубл. также: 1950, 1951 (Собр. соч., VIII).

То же. «Сов. хлопок», 1936, № 6, стр. 37—40.

### 1937

79. Травопольные севообороты. (Сборник статей). М.— Л., изд. ВАСХНИЛ, 1937, 92 стр., с рис.

Содержание: Введение (1937), стр. 3—5.

Урожай и севооборот (1937), стр. 6—10.

Недостатки введения севооборотов и задачи в третьей пятилетке (1937), стр. 11—43.

Ответ оппонентам (1937), стр. 44—52.

Задачи сельского хозяйства в третьей пятилетке (1937), стр. 53—62.

Правильный севооборот — социалистическому земледелию (1937), стр. 63—77.

Краткий очерк развития систем земледелия (1937), стр. 80—92.

80. Значение трудов А. А. Измаильского для агрономической науки и познания природы степей.— В кн.: А. А. Измаильский. «Как высохла наша степь». М.—Л., 1937, стр. 5—18.

Совм. с З. С. Филипповичем.

Опубл. также: 1951 (Собр. соч., VIII).

81. Земледелие.— В кн.: «С.-х. энциклопедия». 2-е изд. Том 2. М.— Л., 1937, стр. 78—81. Б-фия: 6 назв.

Опубл. также: 1950, 1951, 1952 (Собр. соч., X).

82. Краткий очерк развития систем земледелия.— «Соц. реконструкция сельского хозяйства», 1937, № 2, стр. 120—129.

83. Ответ оппонентам. (Часть 1, 2).— «Соц. реконструкция сельского хозяйства», 1937, № 7, стр. 94—107.

Опубл. также: 1938, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VII).

То же (часть 1) под загл.: «Обработка, удобрение и севооборот в третьем пятилетии».— «Почвоведение», 1937, стр. 637—642.

То же. Отд. оттиск. М., 1937, 6 стр.

То же (часть 1) под загл.: «Минеральная агрохимия и правильный травопольный севооборот в III пятилетии».— «Фронт науки и техники», 1937, № 10, стр. 37—42.

То же (часть 2) под загл.: «Ответ оппонентам».— «Правда», 1937 19 июня.

84. Правильный севооборот — социалистическому земледелию.— «Большевик», 1937, № 14, стр. 49—62.

Опубл. также: 1938, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VII).

85. Своеобразная педагогика «минеральной» агрохимии.— «Соц. реконструкция сельского хозяйства», 1937, № 9—10, стр. 174—183.

Опубл. также: 1938, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VII).

86. Ответ критикам. (Обсуждение проекта «О введении правильных севооборотов»).— «Правда», 1937, 10 сентября.

Опубл. также под загл. «Севообороты и агротехника»: 1938, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VII).

То же. «Зерновое хозяйство» (Киев), 1937, № 10, стр. 38—41. На укр. яз.

87. Травопольные севообороты и система обработки почвы. (Обсуждение проекта «О введении правильных севооборотов»).— «Соц. земледелие», 1937, 12 сентября.

Совм. с Л. Ф. Фурманом.

Опубл. также: 1938, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VII).

88. Совхозы и система земледелия.— «Совхозная газета», 1937, 16 сентября. К обсуждению проекта «О введении правильных севооборотов».

Опубл. также: 1938, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VII).

89. Травопольная система земледелия и «минеральная» агрохимия.— «Соц. земледелие», 1937, 26 сентября.

К обсуждению проекта «О введении правильных севооборотов».

Опубл. также: 1938, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VII).

То же. «Химизация соц. земледелия», 1937, № 10, стр. 3—18.

То же. Отд. оттиск. М., 1937, 16 стр.

То же. «Зерновое хозяйство» (Киев), 1937, № 11, стр. 54—64. На укр. яз.

90. Антагонизм воды и пищи в бесструктурной почве и значение травопольных севооборотов. — «Соц. земледелие», 1937, 14 ноября.

Опубл. под загл.: «Вопросы плодородия почвы» и с примеч. редакции: «Из новой работы акад. В. Р. Вильямса, подготовленной к печати».

То же (измененная редакция) под загл.: «Все почвы сделать структурными».— «Совхозная газета», 1937, 16 ноября.

То же (полностью) под загл.: «Значение травопольного севооборота как единственной системы земледелия социалистического сельскохозяйственного производства».— «Соц. реконструкция сельского хозяйства», 1937, № 11—12, стр. 86—105.

Опубл. также: 1938, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VII).

## 1938

91. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения (1927).— 4-е, пересм. и доп. изд. М., Сельхозгиз, 1938, 147 стр., с рис., 1 л. рис.

Опубл. также: 1939, 1940, 1941, 1946, 1947, 1948, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VI).

92. Травопольная система земледелия. Сборник статей.— Воронеж, Обл. изд-во, 1938, 208 стр., 1 л. портр.

Содержание: Предисловие (1938), стр. 3—4.

Ленин о плодородии почвы (1934), стр. 5—17.

Антагонизм воды и пищи в бесструктурной почве и значение травопольных севооборотов (1937), стр. 18—51.

Прочность и связность структуры почвы (1935), стр. 52—63.

Введение севооборотов в колхозах (1937)[1], стр. 64—72.

Правильный севооборот социалистическому земледелию (1937), стр. 73—92.

Ответ оппонентам (1937), стр. 93—115.

[1] Впервые опубл. под загл.: «Урожай и севооборот».

Травопольная система земледелия и «минеральная» агрохимия (1937), стр. 116—141.

Своеобразная педагогика «минеральной» агрохимии (1937), стр. 142—158.

Совхозы и система земледелия (1937), стр. 159—165.

Севообороты и агротехника (1937)[1], стр. 166—173.

Травопольные севообороты и система обработки почвы (1937). (Совм. с Л. М. Фурманом), стр. 174—178.

Борьба с сорняками путем систематической обработки почвы (1938), стр. 179—184.

Черный пар (1938), стр. 185—193.

Вопросы повышения урожайности и задачи сельскохозяйственного машиностроения (1938), стр. 194—207.

93. Севооборот.— Датировано 1938.

Опубл.: 1940, 1952 (Собр. соч., X).

94. Счет машиностроению.— «Известия», 1938, 3 января.

Основные положения доклада «Вопросы повышения урожайности и задачи сельскохозяйственного машиностроения в третьей пятилетке» («Соц. реконструкция сельского хозяйства», 1938, № 2).

95. Вопросы повышения урожайности и задачи сельскохозяйственного машиностроения в третьей пятилетке.— «Соц. реконструкция сельского хозяйства», 1938, № 2, стр. 80—87.

Доклад на конференции представителей НКЗ, НК совхозов и др. 20 февраля 1938.

Опубл. также: 1949, 1950 (под загл.: «Счет машиностроению»), 1951 (Собр. соч., VII).

96. Перегнойные вещества и теория питания растений в науке XVI—XIX столетий.

Совм. с Н. И. Саввиновым. Датировано 1938.

Опубл.: 1940.

97. Предисловие к книге П. А. Костычева «Почвоведение».— Датировано 18 января 1938.

Опубл.: 1940, 1951 (Собр. соч., VIII).

## 1939

98. Основы земледелия.— Учебник для школ и курсов подготовки с-х. кадров массовой квалификации. М., Сельхозгиз, 1939, 190 стр., с рис.

[1] Впервые опубл. под загл.: «Ответ критикам».

Опубл. также: 1940, 1941, 1943, 1945, 1946, 1947, 1948, 1949, 1950, 1951 (Собр. соч., VII).

99. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения (1927).—4-е, пересм. и доп. изд. М., Сельхозгиз, 1939, 448 стр., с рис., 1 л. рис.

То же, часть I (Основы почвоведения).— Тбилиси, «Техника да Шрома», 1939, 360 стр., с рис., портр., 2 вкл. л. рис. и портр.

На груз. яз.



## СОДЕРЖАНИЕ

### ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЛУГОВОДСТВА ИЛИ ЛУГОВЕДЕНИЕ

(Приложение основ почвоведения к культуре многолетних травянистых растений и естественной кормовой площади).


Предисловие . . . . . . . . . . 9
Введение . . . . . . . . . . 11
*Глава первая* . . . . . . . . . . 127
*Глава вторая* . . . . . . . . . . 203
*Глава третья* . . . . . . . . . . 248
*Глава четвертая* . . . . . . . . . . 338
*Глава пятая* . . . . . . . . . . 395


### ЛУГОВОДСТВО И КОРМОВАЯ ПЛОЩАДЬ


Введение . . . . . . . . . . 483
Факторы жизни растений . . . . . . . . . . 483
Плодородие почвы, его элементы и условия плодородия . . 488
Элементы плодородия почвы . . . . . . . . . . 488
Условия плодородия почвы . . . . . . . . . . 493
Систематическая борьба с засоренностью почвы и насекомыми-вредителями. . . . . . . . . . 501
Восстановление химических условий плодородия почвы . . 505
Известкование как борьба с избыточнокислой реакцией почвы 506
Последствия вымывания углекислой извести из почвы . . . . 508
Известкование почвы . . . . . . . . . . 510
Производственное значение фосфоритования почвы . . . 511
Техника известкования . . . . . . . . . . 512
Гипсование как агрохимическая борьба с щелочной реакцией почвы и ее последствиями . . . . . . . . . . 513
Последствия наступления степного периода почвообразовательного процесса . . . . . . . . . . 515
Связность бесструктурных почв . . . . . . . . . . 517
Водный режим бесструктурных почв . . . . . . . . . . 518
Солевой режим почвы в степном периоде почвообразования 521

Щелочная реакция почвы степного периода почвообразовательного процесса . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 524
Борьба с щелочной реакцией почв степного периода почвообразовательного процесса . . . . . . . . . . . . . . . . . 526
Образование солонцов и солончаков в почвенном покрове степного периода . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 528
Образование солонцов . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 528
Борьба с солончаками и со вторичным засолением почвы 532
Вторичное засоление и меры его предупреждения . . . 536
Борьба с антагонизмом воды и пищи в почве и с явлением почвоутомления . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 539
Какова полезная продукция растениеводства . . . . . . . 540
Основные пути увеличения продуктивности растениеводства 541
Иные пути использования отбросов растениеводства . . . . 542
Зеленая кормовая площадь — основа продуктивного животноводства . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 546
*Глава первая.*— Теоретические основы культуры зеленой кормовой площади . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 551
Семя злака и его прорастание . . . . . . . . . . . . . 552
Однолетние и многолетние злаки . . . . . . . . . . . . 557
*Глава вторая.*— Хозяйственные основы культуры зеленой кормовой площади . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 568
Виды кормовой площади . . . . . . . . . . . . . . . . . 568
Потребность почвы в перегное . . . . . . . . . . . . . . 572
Посевы однолетних трав как кормовая площадь . . . . . . 583
*Глава третья.*— Постоянные луга как кормовая площадь 585
Как изменяется луговая растительность . . . . . . . . . . 585
Биологические процессы разложения и их изменение . . . . 587
Заболачивание луга . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 588
Учение о луговодстве и механические способы обработки поверхности луга . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 590
Удобрение лугов . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 601
Подсев луговых злаков . . . . . . . . . . . . . . . . . . 612
Коренное улучшение лугов и в чем оно заключается . . . 618
Приемы культурной обработки почвы . . . . . . . . . 622
Промежуточные культуры луговодства и луговой севооборот 628
*Глава четвертая.*— Луговой севооборот травопольной системы земледелия . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 632
Необходимость двух севооборотов — полевого и лугового . . 633
Различия между полевыми и луговыми севооборотами . . . 634
Чем отличается луговой севооборот от луговодства? . . . 636

Задачи полевой стадии лугового севооборота . . . . . . . 638
Какие культуры возделывать после вспашки луга. . . . . . 638
Группа овощных растений . . . . . . . . . . . . . . . . 641
Группа масличных и прядильных . . . . . . . . . . . . 644
Группа твердой пшеницы и крупяных . . . . . . . . . 646
Сочные корма . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 648
Последовательность смены культур полевого периода лугового севооборота . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 650
Продолжительность полевого периода . . . . . . . . . . . 657
Продолжительность лугового периода . . . . . . . . . . . 659
О чистом и покровном посеве луговых трав . . . . . . . . 661
*Глава пятая.*— Луговой период лугового севооборота . . . . . 664
Три условия при выборе семян . . . . . . . . . . . . . 664
Какие виды растений нужно исключить . . . . . . . . . . 666
Какие виды многолетних злаков могут входить в смесь . . 669
Использование лугов на основе плановых заданий . . . . . 677
О качестве посевного материала . . . . . . . . . . . . 679
Составление смеси луговых трав . . . . . . . . . . . . . 680
Техника посева и уход за лугом . . . . . . . . . . . . . 690
О пастбище . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 700
Уборка луга . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 706
Заключение . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 712

## ИЗБРАННЫЕ ГЛАВЫ ИЗ КУРСА «ПОЧВОВЕДЕНИЕ»

*Глава пятнадцатая.*— Водораздельное болото . . . . . . . . . 717
Условия развития луговой формации на водоразделе . . . . 717
Корневищный период луга на водоразделе . . . . . . . . 717
Отсутствие рыхлокустового и плотнокустового периода луга на водоразделе . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 720
Развитие ягодных кустарников на водоразделе . . . . . . 722
Мхи — спутники ягодных кустарников . . . . . . . . . . 722
Дерновый процесс на водоразделе . . . . . . . . . . . . 724
Основная причина образования болот . . . . . . . . . . 726
Особенности развития водораздельного болота . . . . . . 726
Сфагновый период водораздельного болота . . . . . . . . 727
Сосна водораздельного болота . . . . . . . . . . . . . . 729
Морфологические признаки водораздельных дерновоподзолистых почв . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 731
*Глава шестнадцатая.*— Развитие различных областей речных пойм 734
Порядок изучения почвенного процесса . . . . . . . . . . 734

Область поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 735
Террасы . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 736
Области поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 737
Излучины русла, или меандры . . . . . . . . . . . . . . . . 738
Строение долины реки . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 739
Нижние валунные пески . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 740
Участки поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 741
Свойство аллювиальных потоков . . . . . . . . . . . . . . . 742
Материал, поступающий в реку во время половодья . . . . 743
Ход разлива реки . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 743
Скорости движения воды по руслу реки в половодье . . . . 744
Отложение песка на бечевниках . . . . . . . . . . . . . . . 746
Ветры поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 747
Передвижение песка ветрами поймы . . . . . . . . . . . . . 748
Прирусловые дюны . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 749
Область наибольшего скопления песков . . . . . . . . . . . 751
Притеррасные дюны . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 751
Центральная дюна . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 752
Бугристые пески поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 752
Притеррасные вздутые пески . . . . . . . . . . . . . . . . 753
Область центральной поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . 753

*Глава семнадцатая.*— Зернистая пойма . . . . . . . . . . . . 755
Два типа почв центральной поймы . . . . . . . . . . . . . . 755
Зернистая пойма . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 757
Вода весеннего разлива . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 758
Взмученные вещества полой воды . . . . . . . . . . . . . . 759
Состав воды весеннего половодья . . . . . . . . . . . . . . 761
Отложение речных осадков . . . . . . . . . . . . . . . . . . 762
Затопление области зернистой поймы . . . . . . . . . . . . 764
Осадки зернистой поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 765
Оседание взмученных веществ . . . . . . . . . . . . . . . . 766
Два такта половодья . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 768
Выступление почвенной воды . . . . . . . . . . . . . . . . . 769
Влияние почвенной воды на воду разлива . . . . . . . . . . 769
Ненормальные случаи разлива рек . . . . . . . . . . . . . . 771
Вещества, составляющие осадок . . . . . . . . . . . . . . . 772
Высыхание наилка . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 773
Образование зернистых отдельностей поймы . . . . . . . . 775
Условия биохимизма зернистой поймы . . . . . . . . . . . . 776
Биохимизм почвы зернистой поймы . . . . . . . . . . . . . . 777

Прочность структуры зернистой поймы . . . . . . . . . . 779
Зернистые глины поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . 780
Зернистые суглинки поймы . . . . . . . . . . . . . . . . 781
Условия развития растительного покрова зернистой поймы . 782
Водный и воздушный режим зернистой поймы . . . . . . . 783
Питательный режим зернистой поймы . . . . . . . . . . 784
Весенние эфемеры зернистой поймы . . . . . . . . . . . . 785
Развитие злаков зернистой поймы . . . . . . . . . . . . 785
Отсутствие древесной растительности на зернистой пойме . 786
Урожай лугов зернистой поймы . . . . . . . . . . . . . 787
Основное свойство лугов зернистой поймы . . . . . . . . 788
Особенности флоры лугов зернистой поймы . . . . . . . . . 790
Озера зернистой поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . 791
Злаки зернистой поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . 793
Основной признак злаков зернистой поймы . . . . . . . . 794

*Глава восемнадцатая.*— Слоистая пойма . . . . . . . . . . . 800
Влияние отсутствия лесного покрова на разливы рек . . . 800
Затопление всех областей бугристых песков в пойме . . . . 802
Отложение осадков слоистой поймы . . . . . . . . . . . . 804
Гривы слоистой поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . . 805
Старицы и затоны . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 806
Блуждание русла реки по слоистой пойме . . . . . . . . . 806
Погребенная зернистая пойма . . . . . . . . . . . . . . 807
Погребенные древесные остатки поймы . . . . . . . . . . 808
Слоистость слоистой поймы . . . . . . . . . . . . . . . 809
Гривы и лога́. Луга высокого, среднего и низкого уровня . . 811
Устойчивость признака слоистости . . . . . . . . . . . 811
Питательный режим слоистой поймы . . . . . . . . . . . 814
Водный режим слоистой поймы . . . . . . . . . . . . . . 815
Разница питательного режима различных элементов слоистой поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 817
Флора лугов высокого уровня . . . . . . . . . . . . . . 818
Леса и дубравы слоистой поймы . . . . . . . . . . . . . 821
Растительность лугов среднего уровня . . . . . . . . . . 823
Бобовые лугов среднего уровня . . . . . . . . . . . . . 823
Злаки лугов среднего уровня . . . . . . . . . . . . . . 824
Разнотравие лугов среднего уровня . . . . . . . . . . . 824
Кусты ивняка на лугах среднего уровня . . . . . . . . . 828
Луга низкого уровня . . . . . . . . . . . . . . . . . . 828
Ненормальный тип лугов низкого уровня . . . . . . . . . 831

*Глава девятнадцатая.*— Область притеррасной поймы . . . . . . 833
Граница притеррасной поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . . 833
Рельеф притеррасной поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . . 834
Притеррасная область слоистой поймы . . . . . . . . . . . . 835
Водный режим притеррасной поймы . . . . . . . . . . . . . 837
Атмосферные осадки . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 837
Делювиальные воды . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 838
Вода половодья . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 839
Почвенные воды . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 839
Притеррасные ключи . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 841
Грунтовые воды . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 843
Водоносные горизонты . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 844
Безвалунные притеррасные пески . . . . . . . . . . 847
Бассейны питания рек . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 848
Плывун поймы . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 849
Дно притеррасной речки . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 850
Сток воды из притеррасной поймы . . . . . . . . . . . . . 851
Русло притеррасной речки . . . . . . . . . . . . . . . . . . 853
Питательный режим притеррасной поймы . . . . . . . . . 854
Причины, определяющие количественный приток пищи растений к притеррасной области . . . . . . . . . . . . 855
Моменты, определяющие состав растительных сообществ . . . . . 856
Влияние природных сообществ на выщелачивание элементов их пищи . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 857
Влияние культурных растений на выщелачивание питательных веществ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 858
Качественный состав веществ, притекающих в притеррасную пойму . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 860
Область притеррасной поймы . . . . . . . . . . . . . . . 862
Область притеррасного болота . . . . . . . . . . . . . . 863
Ключевое болото . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 864
Сообщество диатомей и инфузорная земля . . . . . . . . 865
Сообщество железобактерий и охряные болота . . . . . . . 867
Сообщество серобактерий . . . . . . . . . . . . . . . . . . 869
Бактериальный торф . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 870
Процесс передвижения зональных элементов питания растений в почвенной воде . . . . . . . . . . . . . . . . . . 872
Вивианит . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 873
Выделение фосфатов в ортштейновом горизонте и прочность его отложений . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 874
Круговорот фосфора . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 875

Участь фосфатов в третьей трети склона . . . . . . . . . . 877
Отложение вивианита . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 878
Нарушение круговорота фосфора при зерновом хозяйстве . . 879
Выщелачивание углеизвестковой соли из почвы и породы . . 880
Отложение луговой извести или лугового мергеля . . . . . . 881

*Глава двадцатая.*— Область притеррасного болота . . . . . . . . . 883
Особенности притеррасной речки . . . . . . . . . . . . . . 883
Флора притеррасной речки . . . . . . . . . . . . . . . . . 884
Сообщество злаков легкого сена . . . . . . . . . . . . . . 886
Роль воздухоносной системы злаков легкого сена . . . . . . 887
Ортштейн вторичного залегания . . . . . . . . . . . . . . 888
Роль периферического сообщества притеррасного болота . . . 891
Ключевые топи и протоки . . . . . . . . . . . . . . . . . 892
Питательный режим притеррасного болота . . . . . . . . . . 894
Зоны притеррасного болота . . . . . . . . . . . . . . . . 895
Бобовые притеррасной поймы . . . . . . . . . . . . . . . . 896
Ольховые топи . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 897
Сообщество берега притеррасной речки . . . . . . . . . . . 898
Переходная область . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 899
Прибрежные кочкарники . . . . . . . . . . . . . . . . . . 901
Особенность эволюции притеррасного болота . . . . . . . . 904
Торф водораздельных болот . . . . . . . . . . . . . . . . 905
Моховой торф как субстрат для культуры . . . . . . . . . . 906
Моховой торф как удобрение . . . . . . . . . . . . . . . . 908
Моховой торф как топливо . . . . . . . . . . . . . . . . . 909
Торф притеррасного болота . . . . . . . . . . . . . . . . 910
Спелость торфа . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 911
Притеррасные болота как сельскохозяйственное угодье . . . . 913
Торф притеррасного болота как удобрение . . . . . . . . . . 916
Торф притеррасного болота как топливо . . . . . . . . . . 918

ПРИЛОЖЕНИЕ

В. П. Бушинский. Роль В. Р. Вильямса в развитии сельскохозяйственных и биологических наук . . . . . . . . . . . 923
С. П. Смелов, И. И. Куров, А. А. Высоцкий и И. П. Минина. В. Р. Вильямс и луговодство . . . . . . . . . . . . 975
Примечания редакции . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 983
Библиография основных научных трудов академика В.Р.Вильямса 985

*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии наук СССР*

*

Редактор издательства *В. П. Иванов*
Технический редактор *Е. Н. Симкина*

*

РИСО АН СССР № 5308. Подписано к печати 19/III 1955 г.
Формат бум. $70\times92^1/_{16}$. Печатн. лист. 63=73,71+1 вкл.
Уч.-изд. л. 47,2+вкл. 0,1. Тираж 6 000. Т-00150.
Изд. № 475. Тип. заказ № 379.
*Цена 35 р.*

Издательство Академии наук СССР.
Москва, Подсосенский пер., 21.

2-я тип. Издательства АН СССР.
Москва, Шубинский пер., д. 10

Опечатки

| *Стр.* | *Строка* | *Напечатано* | *Должно быть* |
|---|---|---|---|
| 450 | 9 сн. | минуту | минуя |
| 897 | 5 св. | древней | древесной |

Р. Р. Вильямс, т. III

В.Р. ВИЛЬЯМС

ИЗБРАННЫЕ СОЧИНЕНИЯ



ТОМ III

